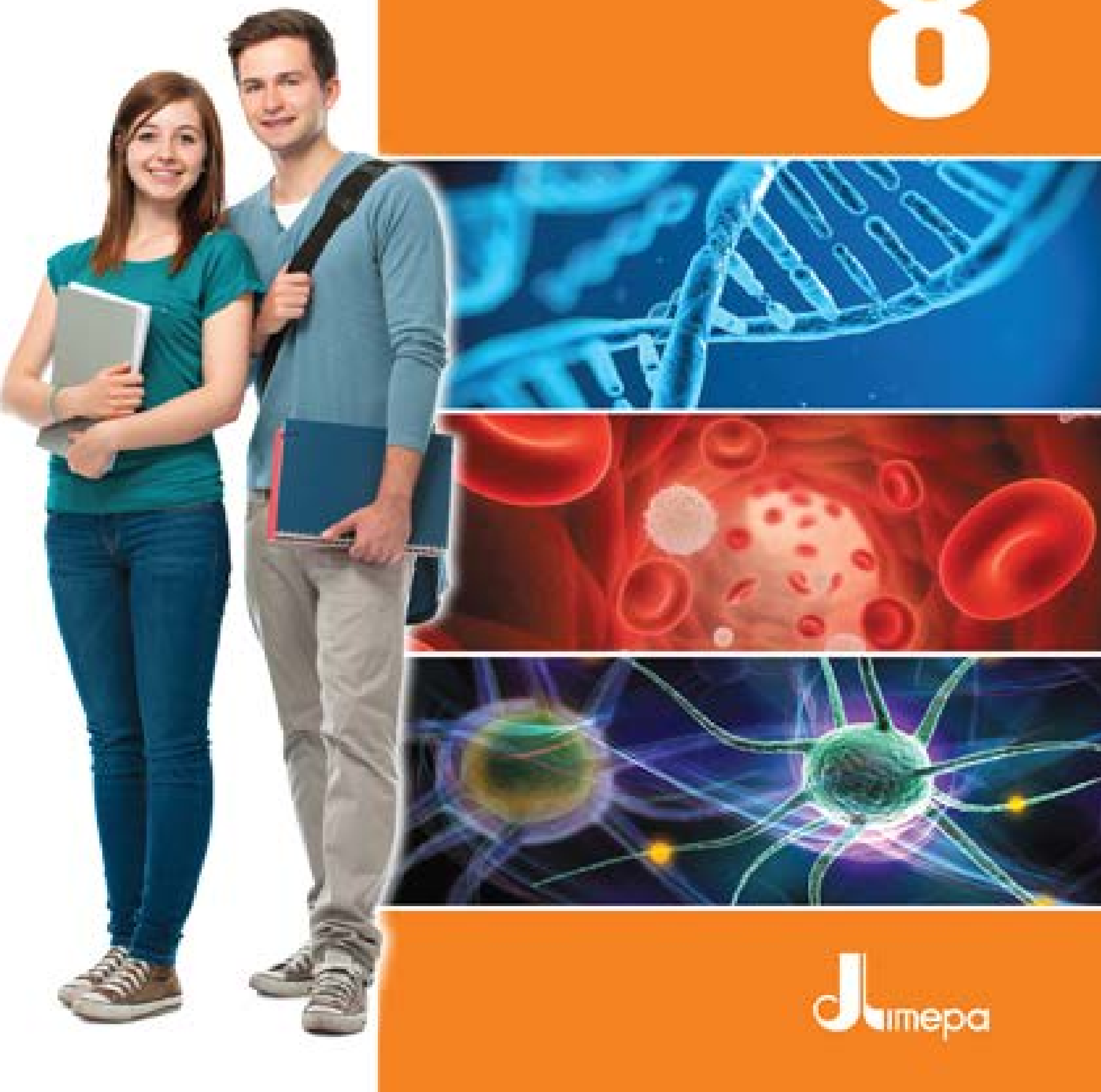
Т.І. Базанова, Ю.В. Павіченко,
Ю.О. Кузнецова

БІОЛОГІЯ
8



літера

УДК [591:37.016](075)
ББК 28.6я721
Б 17

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
(Наказ Міністерства освіти і науки України від 10.05.2016 р. № 491)

Видано за рахунок державних коштів. Продаж заборонено.

Експерти, які здійснили експертизу даного підручника під час проведення конкурсного відбору підручників для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів і зробили висновок про доцільність надання підручнику грифа «Рекомендовано Міністерством освіти і науки України»:

Заморока А. М., доцент кафедри біології та екології Державного вищого навчального закладу «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника», кандидат біологічних наук;

Бурдейна Л. О., учитель НВК «СЗШ I–III ст. № 1 — гімназія» смт Тростянець Тростянецького району Вінницької області, вчитель-методист;

Бокоч О. С., завідувач кабінету методики викладання природничо-математичних дисциплін Закарпатського обласного інституту післядипломної педагогічної освіти

Базанова Т. І.

Б 17 Біологія : підруч. для 8 класу загальноосвіт. навч. закл. / Т. І. Базанова, Ю. В. Павіченко, Ю. О. Кузнецова. — Київ : Літера ЛТД, 2016. — 256 с. : іл.

ISBN 978-966-178-679-9

Підручник відповідає чинній програмі з біології для 8-х класів загальноосвітніх навчальних закладів. У ньому ґрунтовно викладено теоретичний матеріал з біології людини, а також подано розробки лабораторних робіт, лабораторних досліджень та дослідницьких практикумів. Для закріплення вивченого матеріалу запропоновано різнорівневі завдання. Окрім того, підручник містить різноманітні цікаві рубрики, алфавітний покажчик та відомості про видатних українських учених.

УДК [591:37.016](075)
ББК 28.6я721

Навчальне видання

БАЗАНОВА Тетяна Іванівна
ПАВІЧЕНКО Юлія Володимирівна
КУЗНЕЦОВА Юлія Олександрівна

БІОЛОГІЯ

Підручник для 8 класу загальноосвітніх навчальних закладів

Підп. до друку 17.06.2016. Формат 70×90/16.
Папір офсетний. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 18,72.
Обл.-вид. арк. 24,34. Наклад 9838 пр. Зам.

Видавництво «Літера ЛТД».
Україна, 03680, м. Київ, вул. Нестерова, 3, оф. 508.
Тел. для довідок: (044) 456-40-21.
Свідоцтво про реєстрацію № 923 від 22.05.2002 р.

Надруковано в друкарні ТОВ «Тріада-Прінт».
Свідоцтво ДК № 4594 від 12.08.2013.
м. Харків, вул. Киргизька, 19.
e-mail: sale@triada.kharkov.ua

ISBN 978-966-178-679-9

© Базанова Т. І., Павіченко Ю. В., Кузнецова Ю. О., 2016
© «Літера ЛТД», 2016

Як працювати з підручником

Шановні восьмикласники!

Цього року вашим помічником у вивченні біології буде підручник, який ви зараз читаєте. Ознайомившись з його змістом, ви побачите, що книга складається зі вступу, одинадцяти розділів та узагальнення. Кожен з них містить кілька параграфів, рубрики «Людина та її здоров'я», «Наша лабораторія», «Підсумки». Розділи починаються зі вступної частини. Читайте її уважно: у ній окреслено коло проблем, що розглядаються в розділі. У кожному параграфі після основного тексту ви знайдете два блоки завдань, їх позначення наведено на цій сторінці. Перший блок — це завдання, що допоможуть вам зрозуміти навчальний текст. Деякі завдання краще виконувати разом з товаришем: обговорюючи ключові питання параграфа, ви зможете глибше усвідомити його зміст. Інша група завдань — запитання для самоконтролю. Серед них є нескладні, а є й такі, що потребують серйозних міркувань. Номери цих завдань позначені зеленим кольором. Важливими й обов'язковими для вивчення є матеріали рубрики «Людина та її здоров'я», де йдеться про ймовірні загрози вашому здоров'ю, про способи запобігання цим небезпекам. Рубрика «Наша лабораторія», безсумнівно, зацікавить як любителя біології, так і просто допитливу людину.

У кінці кожного розділу розміщений блок «Працюємо разом». Він містить завдання, для виконання яких вам необхідно звернутися до додаткових матеріалів, залучити до співпраці однокласників, фахівців-біологів, знайти цікаві форми презентації результатів своєї роботи.

Успіхів вам у навчанні!

Умовні позначення в підручнику



«Працюємо з текстом параграфа»



«Контролюємо себе»


«Наша лабораторія»


«Працюємо разом»



Вступ

У дитинстві ви описували будову вашого тіла приблизно так: дві руки, дві ноги, голова й тулуб. Пізніше ви значно поглибили знання про живі організми, ознайомилися з їхньою внутрішньою будовою.

Вивчаючи біологію тварин, ви впевнилися — їхні організми функціонують як єдине ціле. Будь-яка тварина вирішує свої життєві завдання (росте, розвивається, розмножується) завдяки зв'язкам, що існують між складовими її організму. Не є винятком і людина. Її організм теж подібний до «механізму», утвореного безліччю «деталей», пов'язаних між собою. Об'єкти, що складаються з певної сукупності елементів, які взаємодіють між собою, учені називають системами. Отже, будь-який організм є системою, причому особливою — біологічною. До біологічних систем належить і організм людини.

Якими є властивості організму людини як біологічної системи? Яким є загальний план його будови? Якими є складові організму і зв'язки між ними? Що примушує ці складові «працювати» злагоджено й чітко?

Ознайомтесь із розділом «Вступ», і ви зробите перші кроки в пошуку відповідей на ці запитання. Ви дізнаєтеся про хімічний склад організму; про будову й функції його клітин і тканин; про механізми регуляції його життєвих функцій.

§1 Організм людини як біологічна система. Хімічний склад організму людини

Організм людини — відкрита біологічна система. Навіть прості спостереження за власним організмом можуть бути джерелом важливих біологічних знань. Простежте за змінами вашого організму від народження дотепер. Ви дізнаєтеся, що ваш зріст збільшився в 3–3,5 разу, а вага — приблизно в 15 разів. Змінюються й пропорції вашого тіла. Воно стає дедалі вправнішим і сильнішим, оскільки його м'язи розвиваються. Зазнав змін і ваш мозок, нових якостей набули зір, слух, здатність мислити. Мине час, із підлітків ви перетворитеся на молодих людей, у вас з'являться власні діти. Отже, вашому організму, як і організму будь-якої людини, притаманні основні біологічні ознаки живого — ріст, розвиток, розмноження.

За рахунок яких процесів організм людини росте, розвивається, розмножується? З навколишнього середовища під час газообміну до нього надходить кисень, разом з їжею — поживні речовини, а також вода. Назовні організм видаляє вуглекислий газ, неперетравлені рештки їжі, сечу, піт, секрет сальних залоз. Іззовні організм отримує також і енергію. Теплову енергію й хімічну — ту, що акумульована в молекулах поживних речовин. Вона вивільнюється під час реакцій їх розщеплення в організмі. Частина енергії витрачається на процес його життєдіяльності, а надлишок у вигляді тепла повертається назовні.

Учені характеризують організм людини як відкриту біологічну систему. Чому? По-перше, він має всі властивості живого, тобто є біологічним об'єктом. По-друге, згадаймо, що системою називають сукупність взаємозв'язаних елементів, які утворюють певну цілісність. Організм як біологічний об'єкт є саме такою сукупністю, а отже, системою, причому багаторівневою. Він складається із систем органів, кожна система органів — з органів, кожен орган — з тканин, тканини — з клітин. Кожна клітина є системою органел. По-третє, суттєвою ознакою організму є постійний обмін із середовищем речовинами та енергією. Системи, що мають таку властивість, називають відкритими. Отже, наведена характеристика організму людини є правильною.

Кожному з рівнів організму як багаторівневої системи відповідає певне завдання.

Клітини є структурно-функціональними одиницями організму — у них здійснюються всі перетворення речовин і енергії. Органи та їхні системи виконують інші завдання, наприклад надходження речовин до внутрішнього середовища організму (травна й дихальна система) або видалення шкідливих для організму речовин (видільна система). «Будівельним матеріалом» для органів є різноманітні тканини, які складаються з клітин різних видів і міжклітинної речовини.

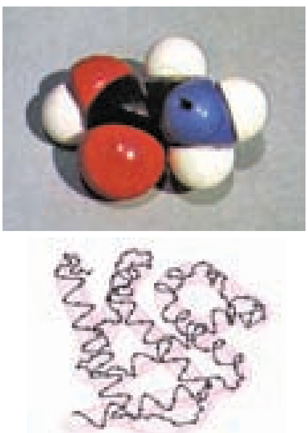
Організм людини здатний до ***саморегуляції*** й ***адаптації*** до змін у навколишньому середовищі. Приклади таких пристосувальних реакцій ви знайдете, спостерігаючи за собою. Це, наприклад, спрага, яку ви відчуваєте, вживши солоне, і втамовуєте, п'ючи воду. Так ваш організм регулює концентрацію солі у внутрішньому середовищі. Це й повертання голови в бік гучного звуку — відповідь на зміни ззовні.

Ріст, розвиток і розмноження, обмін речовинами й енергією із середовищем, багаторівневість будови, адаптація і саморегуляція — загальні ознаки організму людини як відкритої біологічної системи. Конкретний зміст цих процесів ви осягатимете, вивчаючи біологію людини.

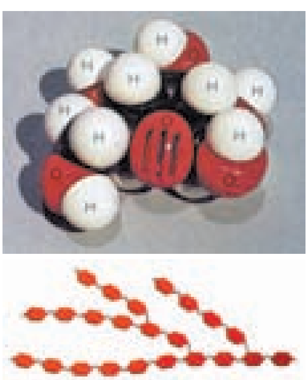
Хімічний склад організму людини. Організм людини є відкритою системою, і це визначає його склад. У ньому присутні ті самі

хімічні елементи, що є в навколишньому середовищі. Вони надходять до організму в складі молекул речовин, які споживає людина. З атомів цих самих хімічних елементів утворюються власні речовини організму під час хімічних реакцій у клітинах.

Неорганічні речовини. Найбільшим серед цих речовин в організмі людини є вміст води. Він сягає до 90 % маси ембріона і до 70 % маси організму літньої людини. Вода є розчинником, який забезпечує транспорт речовин в організмі. Розчинені у воді речовини набувають здатності до взаємодії. Вода бере участь і в процесах теплообміну між організмом та навколишнім середовищем.



а



б

Мал. 1.1. Схема будови молекули: *а* — білків, *б* — вуглеводів

Деякі неорганічні речовини в організмі наявні у вигляді молекул, як, наприклад, сполуки Кальцію в кістках. Інші речовини — у вигляді йонів. Так, йони Феруму беруть участь у транспорті Оксигену в крові, йони Кальцію необхідні для скорочення м'язів, а йони Калію й Натрію — для утворення й передачі нервових імпульсів.

Органічні речовини. Молекули багатьох з них складаються з блоків — найпростіших органічних молекул. Таку будову мають усі ***білки*** **(мал. 1.1 а)**, утворені з низки молекул амінокислот. Їхній ланцюжок зазвичай згортається у волокнисті або клубочкоподібні структури. Довга білкова молекула стає компактнішою й займає менше місця в клітині.

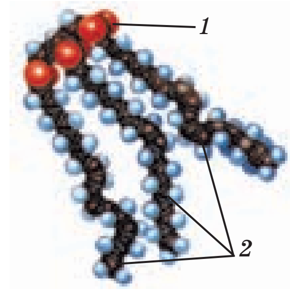
У хімічних перетвореннях у клітинах беруть участь десятки, а то й сотні різних білків. Їхня частка становить понад 50 % сухої маси клітин. Одні білки є будівельним матеріалом клітин, другі працюють під час скорочення м'язів, треті захищають організм від інфекцій. За допомогою ферментів — білків-каталізаторів — відбуваються майже всі хімічні реакції в організмі.

З молекул-блоків утворюються і складні ***вуглеводи*** **(мал. 1.1 б)**. Так, блоками глікогену є молекули простого вуглеводу — глюкози. Глюкоза в організмі відіграє роль джерела енергії, а у вигляді глікогену створюються запаси глюкози. У сполуках з білками й іншими органічними речовинами вуглеводи виконують структурну функцію.

Жири **(мал. 1.2)** — нерозчинні у воді сполуки. У складі молекули жиру зазвичай є залишки моле-

кул гліцерину й жирних кислот. Жири утворюють плазматичні мембрани клітин, вони накопичуються в клітинах жирової тканини, яка виконує захисні функції. Як і глюкоза, жири є джерелом енергії. Молекула жиру запасає більше енергії, ніж молекула глюкози. Проте із жирів клітина добуває енергію значно довше, ніж із вуглеводів.

Носієм хімічної енергії, яка вивільнюється під час реакцій розщеплення глюкози й жирів, є речовина ***аденозинтрифосфатна кислота*** (***АТФ***). Молекули АТФ використовуються клітинами в усіх реакціях, що потребують витрат енергії. Без участі АТФ не працюватиме жодна клітина організму.



Мал. 1.2. Молекула жиру: *1* — молекула гліцерину; *2* — молекули жирних кислот

У молекулах дезоксирибонуклеїнової кислоти (ДНК) зберігається спадкова інформація — програма життя організму людини. Ці молекули мають значно складнішу будову, ніж білки. Молекули ДНК є основною складовою ***хромосом***.

1. Розгляньте пункти плану частини параграфа «Організм людини — відкрита біологічна система». Визначте, чи відповідає цей план тексту, і внесіть необхідні, на ваш погляд, зміни.
а) *Взаємодія організму людини й навколишнього середовища*.
б) *Основні біологічні ознаки живого й організм людини*.
в) *Пристосованість організму людини до змін навколишнього середовища*.
г) *Організм людини — багаторівнева відкрита система*.

2. Знайдіть у тексті твердження, які доводять, що організм людини є відкритою біологічною системою. З'ясуйте, хто з вас знайшов більше доказів.

3. Розгляньте мал. 1.1 і 1.2, прочитайте опис будови молекул білків, жирів і вуглеводів. Запишіть, які функції характерні для неорганічних і органічних речовин. *Неорганічні речовини*: вода — ...; йони Феруму — ...; ... *Органічні речовини*: білки — ...; ... .

1. Наведіть приклади, які доводять, що вашому організму притаманні основні ознаки живого. **2.** Назвіть процеси, завдяки яким у вашому організмі відбувається обмін речовинами між ним і навколишнім середовищем. **3.** З яких елементів складається система «організм людини»? **4.** Яку функцію виконують клітини в системі «організм людини»? **5.** Перелічіть основні класи речовин в організмі людини. Наведіть приклади їхніх функцій. **6*.** Чому до складу речовин організму, що утворюються в його клітинах, входять ті самі хімічні елементи, що є в навколишньому середовищі? Наведіть власний приклад. **7*.** Поясніть, під час яких процесів організм людини отримує енергію ззовні. Придумайте експеримент, який доводить, що організм віддає енергію в зовнішнє середовище.

§ 2 Різноманітність клітин організму людини. Тканини

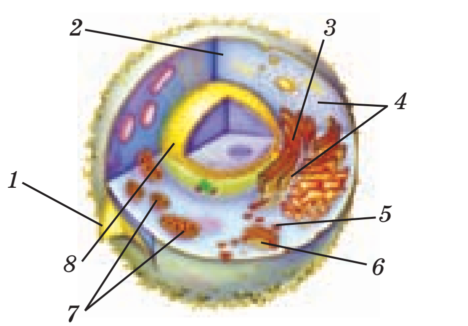
Будова клітини. Життєдіяльність організму людини забезпечується завдяки злагодженій роботі близько 250 видів клітин різної спеціалізації. Попри відмінності між різними видами клітин, вони мають певні спільні ознаки. Які саме?

Кожна клітина **(мал. 2.1)** відокремлена від середовища, що її оточує, ***плазматичною мембраною***. Через мембрану речовини транспортуються до клітини і з неї. У мембрані є безліч ***білків-рецепторів***, що допомагають клітині реагувати на зміни за її межами, розпізнавати інші клітини тощо.

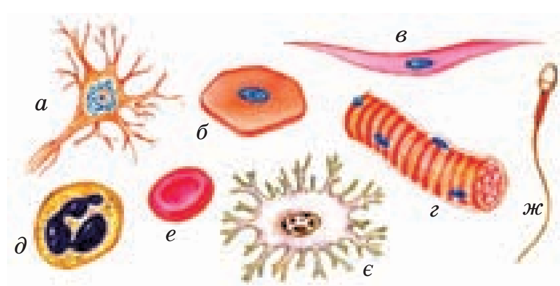
Внутрішній напіврідкий вміст клітини — ***цитоплазма*** — на 70–90 % складається з води. У ній розчинені органічні й неорганічні речовини. Унаслідок постійного руху цитоплазми переміщуються речовини в клітині.

У цитоплазмі розташовані ***органели***. На ***лізосомах*** складні органічні молекули розщеплюються на молекули-блоки. На ***рибосомах*** синтезуються білки, а в ***мітохондріях*** — молекули АТФ, що забезпечують клітину енергією. ***Апарат Гольджі*** сортує молекули, утворені в клітині, упаковує їх у пухирці, оточені мембранами. У них транспортуються речовини всередині клітини й за її межі. Переміщення речовин у клітині відбувається також за допомогою ***ендоплазматичної сітки***.

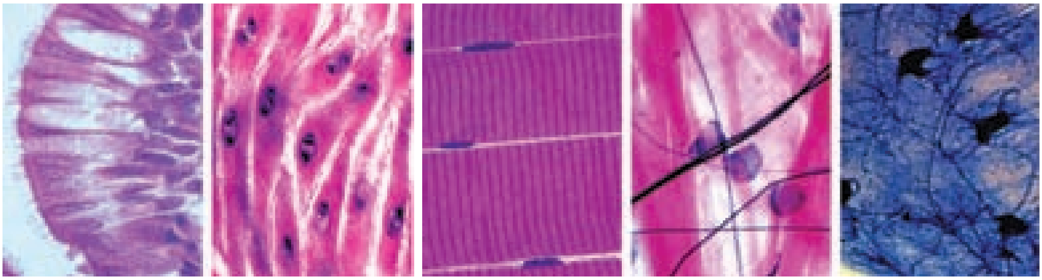
Ядро відповідає за розмноження клітин, яке відбувається шляхом поділу. Основний вміст ядра — це хромосоми, у них закодовані програми життєдіяльності організму. Ядро мають усі зрілі клітини організму, окрім клітин крові еритроцитів.



Мал. 2.1. Будова клітини: *1* — плазматична мембрана; *2* — цитоплазма; *3* — ендоплазматична сітка; *4* — рибосоми; *5* — лізосоми; *6* — апарат Гольджі; *7* — мітохондрії; *8* — ядро



Мал. 2.2. Типи клітин: нейрон (*а*); клітина плоского епітелію (*б*); клітини м'язів (*в, г*); клітини крові (*д, е*); клітина кісткової тканини (*є*); сперматозоїд (*ж*)



а *б* *в* *г* *д*

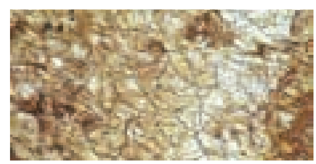
Мал. 2.3. Типи тканин: епітеліальна (*а*); м'язові — гладенька (*б*) і посмугована (*в*); сполучна (*г*); нервова (*д*)

Види клітин. Тканини. Організм немовляти містить близько 2 трлн клітин, дорослої людини — 60–100 трлн. Щодня приблизно 1 % клітин організму гине, замість них утворюються інші. Діаметр клітин коливається в межах 0,01–0,1 мм, їхні розміри пов'язані з функцією, яку вони виконують.

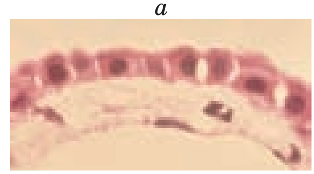
Клітини різних видів різняться за формою, розмірами, хімічним складом, функціями **(мал. 2.2)**. Клітини, які мають спільне походження, подібні за будовою і функціями, разом з міжклітинною речовиною утворюють ***тканини***.

Вирізняють чотири типи тканин **(мал. 2.3)**: епітеліальну, сполучну, м'язову й нервову. Якими є особливості тканин кожного типу?

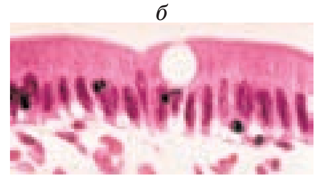
Клітини ***епітеліальних тканин*** мають різну форму — плоску, кубічну, стовпчасту **(мал. 2.4)**. Вони прилягають одна до одної, утворюючи щільні пласти. Міжклітинна речовина відсутня. В епітеліальних тканинах багато клітин, які здатні до поділу, отже, ці тканини можуть швидко регенерувати. Будова цих тканин зумовлена їхньою функцією — формуванням захисних покривів тіла й органів. З епітелію утворений зовнішній шар шкіри. Ці тканини вистилають внутрішні поверхні органів (серце, кровоносні судини, дихальні шляхи, шлунок, сечовий міхур). Залежно від призначення органа епітеліальна тканина набуває додаткових функцій.



а

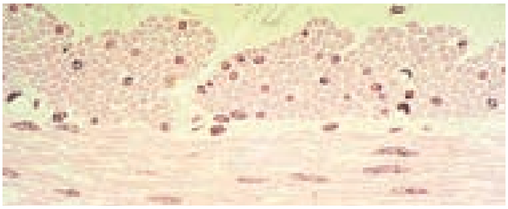


б

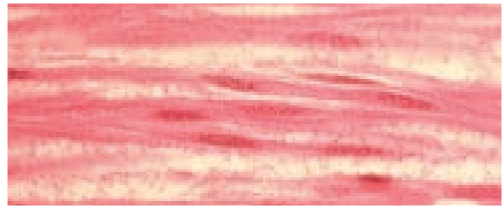


в

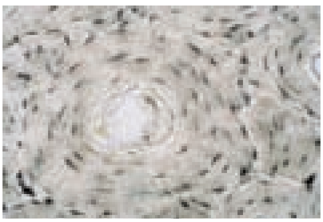
Мал. 2.4. Види епітелію: плоский (*а*); кубічний (*б*) і стовпчастий (*в*)



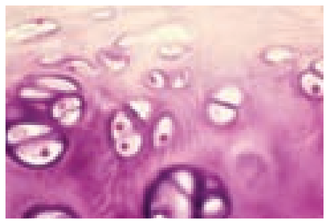
Мал. 2.5. Гладенька м’язова тканина



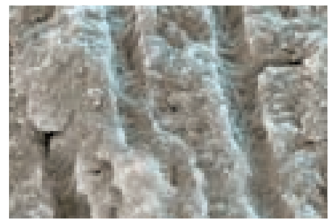
Мал. 2.6. Скелетна м’язова тканина



а



б



в

Мал. 2.7. Сполучна тканина: кістки (*а*), хряща (*б*), зуба (*в*)

М’язові тканини утворені клітинами, що здатні скорочуватися. Вони забезпечують рухи тіла людини і скорочення стінок внутрішніх органів. Гладенька м’язова тканина входить до складу стінок порожнистих внутрішніх органів — судин, шлунка, сечового міхура тощо. Вона утворена веретеноподібними м’язовими клітинами, і вміст міжклітинної речовини в ній невеликий **(мал. 2.5)**. Посмугована м’язова тканина складається з подовжених м’язових волокон і утворює скелетні м’язи **(мал. 2.6)**. Серцевий м’яз сформований тканиною, яка складається з клітин, пов’язаних між собою щільними контактами.

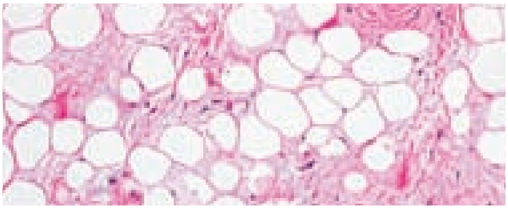
Клітини ***сполучної тканини*** різноманітні за будовою. Їхньою спільною властивістю є значна кількість міжклітинної речовини, склад якої залежить від функції тканини. Зі сполучної тканини з твердою міжклітинною речовиною утворюються кістки, хрящі, зуби **(мал. 2.7)**. Міжклітинна речовина крові рідка, і це зумовлює рухливість її клітин **(мал. 2.8)**, дає крові змогу виконувати транспортну



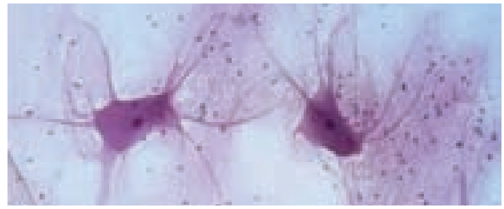
Мал. 2.8. Клітини і міжклітинна речовина крові



Мал. 2.9. Пухка сполучна тканина



Мал. 2.10. Жирова тканина



Мал. 2.11. Нервова тканина

й інші функції. Пухка сполучна тканина **(мал. 2.9)** з великою кількістю білків у міжклітинній речовині входить до складу шкіри. Завдяки цим білкам, що формують волокна, тканина є еластичною й пружною водночас. Елементи сполучної тканини входять до складу будь-якого органа. До сполучних належить і жирова тканина. Вона утворена клітинами, які накопичують жир **(мал. 2.10)**.

З ***нервової тканини*** утворені головний і спинний мозок, а також нерви. До її складу належать нервові клітини (нейрони) і допоміжні гліальні клітини. Нейрони мають безліч відростків, за допомогою яких вони сполучаються між собою й з іншими клітинами **(мал. 2.11)**.

1. Використовуючи текст параграфа, доберіть до слів зі списку А відповідні словосполучення зі списку Б.

А: *плазматична мембрана, ядро, рибосоми, ендоплазматична сітка, мітохондрії, апарат Гольджі, лізосоми, рецептори.*

Б: *розщеплення складних речовин, транспорт усередині клітини, синтез білків, вироблення енергії, транспорт речовин у клітину і з клітини, формування пухирців з речовинами, збереження і передача програми життя, реагування на зміни, що відбуваються за межами клітини.*

2. Використовуючи текст, побудуйте таблицю «Тканини в організмі людини». Укажіть у ній типи тканин, особливості їхньої будови й функції.

Тип тканини	Особливості будови	Функції в організмі

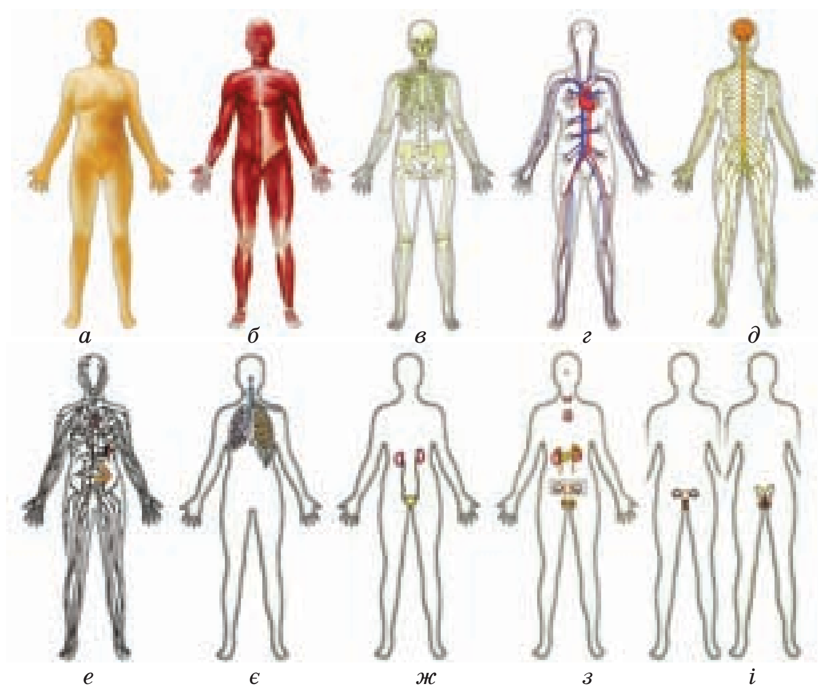
1. Чому клітину вважають структурно-функціональною одиницею системи «організм людини»? **2.** Назвіть три процеси, які відбуваються у клітині, і органели, які за ці процеси відповідають. **3.** Поясніть, як пов’язана будова епітеліальної тканини з її функціями. **4.** Назвіть ознаки сполучних тканин. **5.** У складі яких внутрішніх органів є м’язова тканина? Яку функцію, на вашу думку, вона там виконує? **6*.** Чим можна пояснити різницю між формою нервової клітини й еритроцита (клітини крові)? **7*.** Міжклітинна речовина у сполучній тканині кісток тверда, а в крові — рідка. Як можна пояснити цю розбіжність?

§ 3 Органи. Фізіологічні системи

Функції та будова організму людини як біологічної системи

Загальні властивості, притаманні організму будь-якої тварини, є характерними і для організму людини: він росте, розвивається, розмножується. Це відбувається завдяки процесам життєдіяльності, або життєвим функціям організму (диханню, травленню, виділенню тощо). Кожна така функція здійснюється за допомогою відповідних «пристосувань» — органів, або їхньої сукупності. Такий «набір» органів називають ***системою органів***, або ***фізіологічною системою***.

Упорядкуємо ваші уявлення про функції організму людини, про його фізіологічні системи. Згрупуємо знання про них відповідно до загальних властивостей організму як відкритої біологічної системи **(табл. 1)**. Це обмін речовинами та енергією між організмом і навколишнім середовищем, підтримання і регуляція процесів обміну на клітинному рівні організації організму, захист організму від шкідливих впливів середовища. Крім того, організм освоює навколишній



Мал. 3.1. Фізіологічні системи органів людини: покривна (*а*); опорно-рухова — м'язова (*б*) і скелет (*в*); кровоносна (*г*); нервова (*д*); імунна (*е*); дихальна (*є*); сечовидільна (*ж*); ендокринна (*з*); статева (*і*)

простір, переміщуючись у ньому, а також відтворює подібних до себе. Кожній із цих властивостей відповідає одна або кілька життєвих функцій, отже, і фізіологічних систем **(мал. 3.1)**.

Таблиця 1. Зв'язок властивостей організму людини як відкритої біологічної системи і його фізіологічних систем та органів

Властивості організму як відкритої біологічної системи	Фізіологічні системи
Обмін речовин з навколишнім середовищем	Дихальна система Травна система Видільна система
Забезпечення обміну речовин на клітинному рівні	*Транспортні системи:* кровоносна, лімфатична. *Регуляторні системи:* ендокринна, нервова, імунна
Захист організму від шкідливих зовнішніх впливів	Шкіра
Освоєння навколишнього середовища	Опорно-рухова система Сенсорні системи
Розмноження	Статева система

Обмін речовинами та енергією між організмом і навколишнім середовищем. Функції організму, що безпосередньо пов'язують його із середовищем і забезпечують обмін,— дихання, живлення, виділення. Вони здійснюються завдяки дихальній, травній і видільній системам.

Дихальна система — сукупність органів газообміну між організмом і зовнішнім середовищем. Вона складається з ***дихальних шляхів*** (носова порожнина, ротова порожнина, глотка, гортань, трахея, бронхи) і ***легенів***. Дихальними шляхами повітря надходить до організму, через них також видаляються назовні гази, що продукуються в організмі. Органом газообміну є легені.

Травна система об'єднує органи, що відповідають за травлення і засвоєння їжі,— ***травний тракт*** і ***травні залози***. Травний тракт складається з ротової порожнини, глотки, стравоходу, шлунка, тонкого й товстого кишечника, який закінчується анальним отвором. Травні залози — слинні залози, печінка й жовчний міхур, підшлункова залоза тощо, які виробляють необхідні для травлення речовини.

Складовими ***видільної системи*** є ***сечовидільна система*** (нирки, сечоводи, сечовий міхур, сечівник). Функцію виділення також частково виконують ***легені, травний тракт***, деякі ***травні залози***

і ***шкіра***. Вона виводить з організму кінцеві продукти хімічних перетворень у клітинах — шкідливі для організму речовини, що утворились у клітинах.

Забезпечення обміну речовин у клітинах реалізовується завдяки транспортним і регуляторним системам органів.

Транспортні системи організму доставляють до кожної клітини речовини, що надійшли до організму завдяки диханню і травленню. Так, саме завдяки цим системам речовини, утворені в клітинах однієї спеціалізації, досягають клітин іншої спеціалізації, які потребують таких речовин. Основною системою транспорту є ***кровоносна система***, проте цю функцію частково виконує й ***лімфатична система***. Кровоносна система доставляє також до видільної системи кінцеві продукти клітинних реакцій.

Кровоносна система складається із замкненої ***мережі судин*** і ***серця***. Завдяки його скороченням кров рухається судинами. Лімфатична система утворена ***судинами*** й ***лімфатичними вузлами***. Вона заповнена ***лімфою*** — рідиною, за складом схожою з міжклітинною речовиною. Ці системи сполучені між собою.

Регуляторні системи організму — ***ендокринна, нервова й імунна***. Завдяки цим системам досягається злагоджена робота організму на клітинному рівні, пристосування до змін, що в ньому відбуваються, узгоджується діяльність клітин різної спеціалізації.

Ендокринна система, або система ***гуморальної регуляції***, утворена залозами (щитоподібна, підшлункова й надниркові залози тощо), які виробляють гормони. Ці речовини впливають на обмін речовин у клітинах, процеси росту й розвитку тощо. Гормони ендокринних залоз надходять у кров і переміщуються з її плином.

Нервова система складається з ***головного*** і ***спинного мозку*** та ***нервів***. У головному і спинному мозку обробляється інформація, що надходить від різних органів, і виникають сигнали, які визначають реакції організму. Завдання нервів — передача сигналів від органів до спинного і головного мозку і зворотна передача команд, сформованих ними.

Імунна система знищує чужорідні агенти, що проникли до організму. Вона складається з клітин лейкоцитів і органів, де ці клітини формуються (червоний кістковий мозок, тимус, лімфатичні вузли тощо). Клітини, що їх продукують ці органи, поширюються організмом з плином крові й лімфи.

Захист організму від шкідливих впливів середовища є функцією покривної системи (шкіри). ***Шкіра*** відокремлює внутрішнє середовище організму від навколишнього. Вона є перепоною для потрапляння

до нього небезпечних мікроорганізмів і речовин. Шкіра також є органом терморегуляції і виділення.

Освоєння навколишнього середовища відбувається завдяки здатності організму переміщуватися й орієнтуватися в його властивостях. Ці функції виконують опорно-рухова система й сенсорні системи організму.

Опорно-рухова система відповідає за всі види рухів в організмі людини, за утримання тіла в певному положенні, є опорою внутрішніх органів. Вона складається зі **скелета**, утвореного ***кістками*** та їхніми ***з'єднаннями***, і ***м'язів***. Рухи тіла людини здійснюються завдяки скороченням м'язів, прикріплених до кісток.

Сенсорні системи **(*органи чуття*)** є складовою нервової системи організму. До цих систем належать зорова, слухова, тактильна (дотикова) системи, система нюху і смаку тощо. У складі зорової і слухової систем вирізняють органи зору (очі) і слуху (вуха), де розташовані рецептори, які реагують на зорові або слухові подразники. Рецептори, що дають змогу сприймати дотик, запахи і смаки, розміщуються, відповідно, у шкірі, слизовій оболонці носа, на поверхні язика. Сигнали від рецепторів надходять до головного мозку.

Розмноження. Цю функцію здійснює ***статева система*** організму людини. Статеві системи чоловіка й жінки різняться. У статевих органах жінки (піхва, яєчники, матка тощо) визрівають яйцеклітини, розвивається зародок, у статевих органах чоловіка (яєчка, сім'яні протоки, пеніс) утворюються сперматозоїди, які запліднюють яйцеклітини.

§

1. Уважно прочитайте текст параграфа. А тепер разом з товаришем згрупуйте надані в переліку фізіологічні системи відповідно до основних властивостей організму людини як фізіологічної системи. Нехай кожний із вас перевірить свою роботу за табл. 1 на с. 13.

Імунна система
Шкіра **Кровоносна система** **Лімфатична система**
Сенсорні системи **Опорно-рухова система** **Видільна система**
Травна система **Ендокринна система**
Дихальна система **Нервова система**

2. Скористайтесь підручником і проведіть міні-вікторину. По черзі називайте фізіологічну систему: один називає, а другий перелічує органи, які входять до її складу. Перевіряйте одне одного за текстом параграфа.

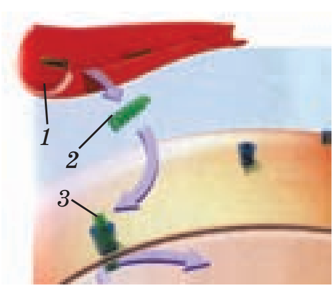
1. Поясніть значення терміна «фізіологічна система органів». **2.** Чому дихальну, травну й видільну системи можна віднести до тих, що забезпечують обмін речовин? **3.** Якою є роль кровоносної системи в забезпеченні властивостей організму людини як біологічної системи? **4.** Яку фізіологічну систему утворюють скелет і м’язи? **5*.** Чому серце і кровоносні судини відносять до однієї фізіологічної системи? **6*.** Назвіть регуляторні й виконавчі системи органів.

§4 Регуляторні системи організму людини

Гуморальна регуляція. Життєдіяльність вашого організму супроводжується постійними змінами — інколи помітними для вас, інколи ні. Згадайте, як після бігу у вас зростає частота дихання, серце б’ється швидше. А після прийому їжі в крові збільшується кількість глюкози. Проте ці зміни зворотні: через деякий час дихання і серцебиття уповільнюються, вміст глюкози набуває вихідних значень. За допомогою чого і в який спосіб організм регулює ці показники?

Це приклади ***гуморальної регуляції*** (латин. *гумор* — рідина), яка здійснюється завдяки речовинам, що впливають на процеси обміну речовин у клітинах, а отже, і на роботу органів та організму в цілому. Ці речовини потрапляють у кров, а з неї — до клітин. Так, підвищення рівня вуглекислого газу в крові внаслідок інтенсивних реакцій у клітинах впливає на центр дихання. І це спричинює збільшення частоти дихання. Коли ви зупиняєтеся, робота клітин пригальмовується, рівень вуглекислого газу знижується, дихання уповільнюється.

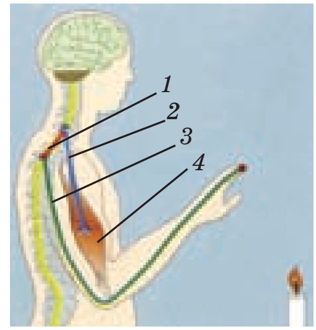
Деякі речовини, наприклад ***гормони***, виконують свою функцію, навіть якщо їх концентрація в крові дуже мала. Більшість гормонів синтезуються й виділяються в кров клітинами залоз внутрішньої секреції, які утворюють ендокринну систему. Подорожуючи з кров’ю по всьому організму, гормони можуть потрапити до будь-якого органа. Але впливає гормон на роботу органа лише в разі, якщо його клітини мають рецептори саме до цього гормона. Рецептори поєднуються з гормонами **(мал. 4.1)**, і це спричиняє зміну активності клітини. Так, гормон інсулін, приєднуючись до рецепторів клітини печінки, стимулює проникнення в неї глюкози й синтез глікогену із цієї сполуки. Саме це є причиною зниження рівня глюкози в крові до вихідних значень через певний час після прийому їжі.



Мал. 4.1. Схема дії гормона: *1* — кровоносна судина; *2* — молекула гормона; *3* — рецептор на плазматичній мембрані клітини

Ендокринна система забезпечує ріст і розвиток організму, окремих його частин і органів. Вона бере участь у регуляції обміну речовин у клітинах і пристосовує його до потреб організму, що постійно змінюються.

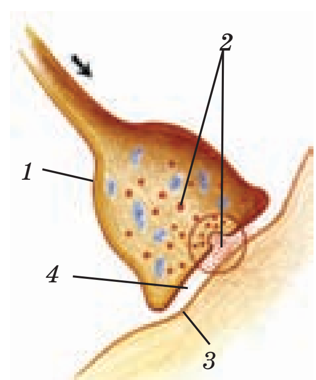
Нервова регуляція. На відміну від системи гуморальної регуляції, яка відповідає переважно на зміни у внутрішньому середовищі, нервова система реагує на події, що відбуваються як усередині організму, так і за його межами. За допомогою нервової системи організм відповідає на будь-які впливи дуже швидко. Реакції організму, які забезпечує нервова система, називають ***рефлексами***. Здійснюється рефлекс завдяки роботі ланцюга нейронів, що утворюють рефлекторну дугу **(мал. 4.2)**. Вона складається із ***чутливого***, або ***рецепторного***, ***нейрона*** (***нейрона-рецептора***), ***інтернейрона***, а також ***рухливого нейрона*** (***нейрона-ефектора***).



Мал. 4.2. Рефлекторна дуга: *1* — нейрон нервового центру спинного мозку; *2* — нейрон-ефектор; *3* — нейрон-рецептор; *4* — м'яз, що скорочується

Нейрон-рецептор сприймає дію подразника і створює електричний імпульс, який називають нервовим. Ці імпульси надходять до інтернейронів у нервових центрах спинного й головного мозку. У них інформація обробляється й ухвалюється рішення, до якого органа слід надіслати нервовий імпульс, щоб відповісти на дію подразника. Нервові імпульси — команди — прямують по нейронах-ефекторах до органа, який відповідає на подразник. Зазвичай така відповідь — це скорочення певного м'яза, як на **мал. 4.2**, або виділення секрету залози (речовини, яку виробляють клітини залози). Швидкість передачі сигналу по рефлекторній дузі величезна — пригадайте, за який час ви відсмикуєте руку від гарячого предмета.

Нервові імпульси передаються від одного нейрона до іншого за допомогою особливих речовин — медіаторів. Нейрон, у якому виник імпульс, виділяє їх у щілину синапса — місце з'єднання нейронів **(мал. 4.3)**.



Мал. 4.3. Схема передачі інформації між нейронами: *1* — закінчення відростка одного нейрона; *2* — медіатор; *3* — плазматична мембрана іншого нейрона; *4* — синаптична щілина

Медіатори приєднуються до білків-рецепторів нейрона-мішені, а він у відповідь генерує електричний імпульс і передає його до наступного нейрона або іншої клітини.

Імунну регуляцію забезпечує ***імунна система***, завдання якої полягає у створенні ***імунітету*** — здатності організму протистояти дії зовнішніх і внутрішніх ворогів. Ними є бактерії, віруси, різні речовини, які порушують нормальну життєдіяльність організму, а також його клітини, що відмерли або переродилися. Головні «бойові сили» системи імунної регуляції — певні клітини крові та спеціальні речовини, що в ній містяться.

Організм людини — саморегульована система. Завданням саморегуляції є підтримка всіх хімічних, фізичних і біологічних показників роботи організму в певних межах. Так, температура тіла здорової людини може коливатися в межах 36–37 °С, кров'яний тиск — 115/75–125/90 мм рт. ст., концентрація глюкози в крові — 3,8–6,1 ммоль/л. Стан організму, під час якого всі параметри його функціонування залишаються відносно сталими, називають ***гомеостазом***. На підтримку гомеостазу і спрямована робота регуляторних систем організму, що діють у постійному взаємозв'язку.

1. Перегляньте текст параграфа і доповніть таблицю.

Нервова регуляція	Гуморальна регуляція
Електричні імпульси, речовини-медіатори	Речовини
Швидка відповідь	
	Довготривалі зміни
Поширення по нейронах	

2. Упорядкуйте наведені терміни відповідно до того, як вони згадуються в частині тексту, де йдеться про рефлекс: спинний мозок, рецептор, м'яз, рефлекс, ланцюг нейронів, рефлекторна дуга, подразник.

3. За текстом параграфа визначте, які з тверджень є помилковими:
— гомеостаз — це незмінність внутрішнього середовища організму;
— клітини організму, що відмерли, не заважають його життєдіяльності;
— імунітет — здатність організму протистояти шкідливій дії вірусів.

1. Які функції виконує ендокринна система? **2.** У чому полягає відмінність між тим, як здійснюється гуморальна й нервова регуляція? **3.** У чому полягає завдання імунної регуляції? **4.** Що таке гомеостаз? **5.** Наведіть приклади роботи регуляторних систем вашого організму. **6*.** Чому ефект від ендокринної регуляції настає пізніше, ніж нервової? **7*.** Грецькою мовою слово *гомео* означає «один і той самий», а слово *стасис* — «стан». Який біологічний термін походить від цих двох слів? Поясніть його значення.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Здоров'я і хвороба

Що розуміють під словом «здоров'я» люди, бажаючи один одному «Бувайте здорові!»? Фізіологічно організм вважають здоровим, якщо всі складові цієї системи працюють згідно з покладеними на них функціями. Якщо ж у системі «організм» виникають перебої в роботі, може розвинутися хвороба.

Сучасна класифікація хвороб досить складна. Серед них вирізняють ті, що спричинені різними збудниками (бактерії, віруси),— інфекційні та інвазійні (паразитози) хвороби. Хвороби можуть також розвиватися через недостатню кількість у харчовому раціоні певних речовин, унаслідок дії радіаційного випромінювання тощо.

Часто погіршення здоров'я людей стає наслідком їхньої власної недбалості. Забруднення навколишнього середовища спричиняє захворюваня на рак, астму. Паління, вживання спиртних напоїв і наркотиків завдають непоправної шкоди всім системам органів людини.

Окрема група — спадкові хвороби. Вони передаються від батьків до дітей разом із програмою життя, що міститься в хромосомах. Вроджені дефекти можуть виникнути під час розвитку плоду внаслідок паління, уживання спиртних напоїв, інфекційних хвороб тощо.

Запобігти багатьом хворобам можна, дотримуючись усіх відомих правил здорового способу життя.

Наша лабораторія

Стовбурові клітини

Стовбурові клітини отримали таку назву невипадково: від них походять усі 350 видів клітин організму людини, подібно до того, як від стовбура дерева утворюються всі його гілочки. Зі стовбурових клітин на найперших етапах розвитку складається зародок людини. Унаслідок поділу такої клітини одна з дочірніх клітин стає стовбуровою, а друга спеціалізується, набуваючи властивостей того чи іншого виду клітин організму. З віком кількість стовбурових клітин в організмі зменшується. У дорослому організмі вони містяться переважно в червоному кістковому мозку, проте трапляються і в інших органах.

Стовбурові клітини є резервом організму, який він може використовувати для «ремонту» будь-яких ушкоджених тканин. Адже відомо, що зазвичай зрілі спеціалізовані клітини не розмножуються, тому відновити тканину за їхній рахунок неможливо. У такому разі на

допомогу приходять стовбурові клітини. Вони активно діляться, спеціалізуються і заміщують загиблі клітини, ліквідуючи ушкодження.

Подібною до стовбурової є так звана камбіальна клітина. Одна з її дочірніх клітин унаслідок спеціалізації стає клітиною тієї тканини, до якої належить материнська камбіальна клітина. Камбіальні клітини містяться майже в усіх тканинах, забезпечують їх ріст і оновлення. Так, завдяки камбіальним клітинам безперервно відновлюється епітелій шкіри.

Підсумки

Організм людини є багаторівневою відкритою системою, яку вивчають на молекулярному, клітинному, тканинному рівнях, на рівні органів і фізіологічних систем, а також на рівні цілісного організму.

Хімічними складовими організму є неорганічні й органічні (білки, жири, вуглеводи тощо) речовини. Основною структурно-функціональною одиницею організму є клітина, де весь час відбувається обмін речовин, що забезпечує ріст і розвиток організму. Клітини розмножуються шляхом поділу.

Клітини, подібні за будовою, функцією та походженням, разом з міжклітинною речовиною утворюють тканину певного виду. Із тканин формуються органи, а з органів складаються фізіологічні системи.

Фізіологічні системи поділяють на виконавчі й регуляторні. Їхня взаємодія спрямована на підтримання сталості показників життєдіяльності організму — гомеостазу.

Працюємо разом

1. Які відомості про свій організм ви б хотіли отримати, вивчаючи біологію людини? Запишіть свої запитання, створивши «Банк запитань до біологів і медиків». Почніть цю роботу зараз. Обговоріть, як краще оформлювати роботу, щоб її результати стали вам у пригоді.
   Продовжуйте працювати над своїми запитаннями протягом року. Використовуйте додаткову літературу, а також Інтернет. Залучіть до роботи свого товариша, обговорюйте з ним ваші запитання.
2. З речовинами, які входять до складу організму людини, ви будете ознайомлюватися впродовж усього курсу «Біологія людини». Щоб це «знайомство» було корисним і змістовним, підготуйте таблицю «Речовини в моєму організмі». Записуйте назви речовин, їхні функції в організмі. Зазначайте, у яких клітинах вони утворюються і працюють. Почніть цю роботу, використовуючи матеріал вивченої теми.

Тема 1

Обмін речовин та перетворення енергії в організмі людини



У кожного з вас щоденно є безліч різноманітних справ. Це навчання в школі, що потребує неабияких зусиль. І всіляка домашня робота, і заняття спортом, і прогулянки з друзями… Зусиль від вашого організму потребують навіть комп'ютерні ігри, якими захоплюються багато хто з вас. Звідкіля тільки у вашого організму беруться сили на те, щоб впоратися з таким навантаженням… А він у цей час ще й росте, і неабияк — ваш зріст і маса тіла збільшуються щорічно, додаючи по декілька сантиметрів і кілограмів.

За рахунок чого організм людини може активно діяти, рости, розвиватися, розмножуватися? Яка властивість організму забезпечує таку можливість? Які процеси, що відбуваються в організмі, реалізовують цю властивість?

Ви знайдете відповіді на ці запитання, вивчивши розділ «Обмін речовин та перетворення енергії в організмі людини». Ви також дізнаєтеся про те, як пов'язані між собою синтез речовин в організмі людини й забезпечення його енергією, про те, яку роль у цих процесах відіграє харчування, як склад їжі впливає на ефективність обміну речовин.

§5 Обмін речовин та перетворення енергії в організмі людини — основна властивість живого

Обмін речовин — основна властивість живих організмів. Обмін речовин і енергії між організмом і середовищем є властивістю будь-якого живого організму. Саме завдяки обміну забезпечується функціонування організмів, їхній ріст, розвиток, розмноження.

Рослини-автотрофи отримують ззовні неорганічні речовини, з яких вони синтезують органічні. З води й вуглекислого газу під дією світла в їхніх клітинах утворюється кисень і органічна речовина глюкоза. Саме в її хімічних зв'язках акумулюється енергія Сонця. У подальшому за участю глюкози в клітинах рослин розпочинаються численні реакції синтезу інших органічних речовин і їх розщеплення.

Назовні рослини виділяють неорганічні речовини (воду, кисень, вуглекислий газ). Усі ці процеси є обміном речовин у рослин, завдяки якому відбувається їхня життєдіяльність.

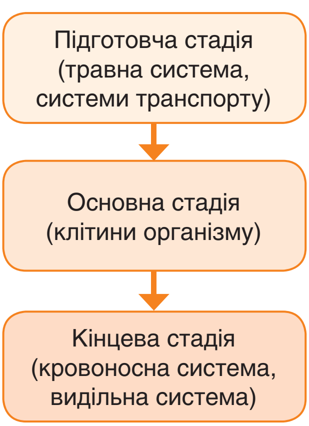
На відміну від рослин, тварини, і людина зокрема, є гетеротрофами. Вони отримують речовини, потрібні для життя — і органічні, і неорганічні,— ззовні. Проте всі інші перетворення відбуваються в організмах тварин за тим самим загальним планом, що й у рослин. З речовин, які надійшли з навколишнього середовища, утворюються власні речовини тваринного організму: його власні білки, жири, вуглеводи тощо.

Отже, у будь-якому організмі весь час відбуваються процеси перетворення речовин, отриманих ззовні, на ті, що характерні саме для цього організму. Цю сукупність хімічних перетворень і називають ***обміном речовин***, або ***метаболізмом***. Завдяки метаболізму утворюються структурні складові клітин і тканин, забезпечуються енергетичні потреби організму.

В організмі людини можна вирізнити три його стадії **(мал. 5.1)**.

Підготовча стадія здійснюється у травному тракті, де їжа перетравлюється — її білки, жири й вуглеводи розпадаються на простіші (низькомолекулярні) складові. Білки — на амінокислоти, жири — на гліцерин і жирні кислоти, складні вуглеводи — на глюкозу й інші прості вуглеводи.

Низькомолекулярні речовини всмоктуються в кишечнику, надходять до кровоносних судин і транспортуються до всіх клітин організму. Так само переміщується з легенів і кисень. До крові з клітин потрапляють і речовини, які мають бути видалені з організму (кінцеві продукти розпаду речовин). Так починається ***кінцева стадія*** обміну речовин, яка завершується в органах видільної системи.



Мал. 5.1. Стадії обміну речовин і енергії

Основною стадією метаболізму є ті хімічні реакції, що відбуваються в клітинах організму. Саме в них синтезуються його власні білки, жири, вуглеводи й інші органічні речовини, відбуваються реакції, які забезпечують організм енергією.

Обмін речовин у клітинах організму. Метаболізм складається з тих хімічних перетворень, у яких органічні речовини синтезуються, і тих, де вони руйнуються. Перші називають ***анаболізмом***, ***асиміляцією,*** або ***пластичним обміном***, інші —

катаболізмом, ***дисиміляцією***, або ***енергетичним обміном*** **(мал. 5.2).**



Мал. 5.2. Процеси обміну речовин і енергії

Завданням процесів ***пластичного обміну*** є оновлення клітин, відтворення їхніх зруйнованих частин, утворення міжклітинної речовини і нових клітин, вироблення клітинами певних речовин. Назва цієї складової метаболізму не є випадковою: у перекладі з грецької мови слово «пластика» означає «ліплення».

Що є матеріалом для такого «ліплення»? Це низькомолекулярні речовини, прості молекули, що утворилися з речовин їжі на підготовчій стадії обміну речовин. З них відбудовуються молекули білків, жирів і вуглеводів, притаманні клітинам певної тканини, певного органа.

Завдяки процесам пластичного обміну відбувається ріст, поділ, розвиток клітин, їхнє функціонування відповідно до спеціалізації та, як наслідок, забезпечується життєдіяльність організму в цілому.

Енергетичний обмін — це сукупність процесів, що забезпечують клітини (а отже, і весь організм!) енергією.

Чим зумовлені енергетичні потреби клітини? Створення нових речовин, підтримка сталої температури тіла, функціонування спеціалізованих клітин (скорочення м'язових клітин, проведення нервових імпульсів тощо) — усі ці процеси супроводжуються витратами енергії.

На відміну від рослин, які «вміють» використовувати енергію Сонця для розв'язання завдань синтезу органічної речовини, у тварин, і людини зокрема, такої здатності немає. Джерелом енергії для них є органічні речовини, що містять у своїх молекулах значний запас потенціальної енергії хімічних зв'язків.

Так, частина вуглеводу глюкози, що надходить до організму людини у складі їжі, у його клітинах разом з Оксигеном бере участь у реакціях розщеплення (біологічного окиснення), які супроводжуються вивільненням енергії. Кінцевими продуктами таких хімічних перетворень є вода й вуглекислий газ. У реакціях розщеплення можуть брати участь не лише вуглеводи, а й жири та білки. Саме під час розщеплення речовин утворюються кінцеві продукти метаболізму, які видаляються з організму.

Частина енергії, що вивільнюється у процесах енергетичного обміну, акумулюється в молекулах АТФ. Вона використовується в реакціях пластичного обміну під час синтезу в клітинах необхідних їм

білків, жирів і вуглеводів. Інша частина хімічної енергії вуглеводів, білків і жирів, що розщеплюється, перетворюється на теплову.

Усі реакції метаболізму здійснюються за допомогою ***ферментів*** — речовин, що прискорюють (каталізують) ці перетворення інших речовин у клітинах. Водночас у клітині можуть відбуватися сотні різних реакцій, у яких працюють тисячі різних ферментів. Без них реакції метаболізму тривали б дуже довго й відбувалися лише за особливих умов (наприклад, під дією високої температури або тиску).

Що більше зусиль потребує виконання певної роботи, то більше енергії витрачає людина, а отже, більше органічних речовин розпадається в її клітинах. Саме тому під час великих навантажень ми потребуємо більшої кількості їжі. І дихаємо інтенсивніше, оскільки в цей час у реакціях розщеплення витрачається більше Оксигену.

§

1. Розгляньте мал. 5.1. Знайдіть у тексті параграфа відомості про ті процеси, які відбуваються на кожній стадії обміну речовин. Доповніть ними таблицю.

Обмін речовин і енергії		
Підготовча стадія	**Основна стадія**	**Кінцева стадія**
Розпад речовин їжі на…	Розщеплення білків на складові:…	Видалення кінцевих продуктів розпаду з клітин: …

2. З’ясуйте, звіряючись із текстом, які з тверджень є правильними. Обговоріть свою роботу з товаришем.

- Речовини їжі (білки, жири й вуглеводи) надходять до клітин організму.
- Речовини їжі (білки, жири й вуглеводи) розщеплюються на простіші складові, які надходять до клітин організму.
- З білків, жирів і вуглеводів їжі, що надійшли до клітин організму, утворюються органели й речовини, необхідні для його життєдіяльності.
- З простих молекул, що утворились унаслідок розщеплення речовин їжі, синтезуються власні білки, жири й вуглеводи організму. З них будуються органели й речовини, необхідні для його життєдіяльності.
- Головними в метаболізмі є реакції пластичного обміну, енергетичний обмін відіграє допоміжну роль.
- Пластичний та енергетичний обмін є рівноправними складовими метаболізму.

1. У чому полягає головна відмінність обміну речовин у рослин-автотрофів і тварин-гетеротрофів? **2.** Доповніть речення: «На підготовчій стадії обміну речовини їжі…, на основній стадії з речовин, що…, на кінцевій стадії кінцеві продукти…». **3.** У чому полягає відмінність між пластичним і енергетичним обміном? Яким є зв'язок між ними? **4.** У якій речовині акумулюється енергія, що вивільнюється у реакціях енергетичного обміну? **5.** Яку роль відіграють ферменти в обміні речовин? **6*.** «Перетворення» грецькою звучить як «метаболе». Поясніть товаришеві, як значення терміна «метаболізм» пов'язане з його походженням. **7*.** Наведіть приклад органел клітини, де відбуваються реакції плазматичного обміну, енергетичного обміну.

§6 Харчування й обмін речовин

Харчування й обмін речовин. Значення їжі для життєдіяльності нашого організму величезне. М'ясо й молоко, овочі і фрукти, крупи і хліб тощо є єдиним джерелом, з яким до нашого організму надходять органічні речовини. Саме білки, жири й вуглеводи їжі, а також вода й мінеральні речовини є вихідним матеріалом, потрібним для утворення власних речовин нашого організму.

Розщеплення білків і жирів їжі починається в шлунку, а вуглеводів — у ротовій порожнині. Усі такі перетворення відбуваються під дією ферментів, що прискорюють розпад цих складових їжі до простіших молекул. Продукти розщеплення білків, жирів і вуглеводів надходять до клітин епітелію кишечника й далі транспортуються у складі крові до всіх клітин організму.

Які перетворення відбуваються з речовинами їжі в організмі людини? Якими є функції білків, жирів, вуглеводів організму, що утворюються з речовин їжі?

Обмін білків. Під дією секретів травних залоз (***травних соків***) великі складні молекули білків розщеплюються до амінокислот. У цих процесах беруть участь ферменти травного соку шлунка (***пепсин***), секрету підшлункової залози (***трипсин***), який надходить до кишечника.

Одна частина амінокислот доправляється до клітин печінки, інша — до решти клітин організму. У печінці ці речовини перетворюються на жири й вуглеводи, а в інших клітинах з них будуються власні білки організму.

Синтезовані організмом білки за потреби можуть розкладатися з вивільненням енергії, забезпечуючи нею організм, отже, виконують енергетичну функцію.

Білки є складовими органел клітини — ядра, цитоплазми, мембрани тощо, вони наявні в кістковій тканині (структурно-пластич-

на функція). Білками є ферменти (каталітична функція), а також складові імунної системи — антитіла (регуляторна функція). Білок крові фібриноген бере участь у зсіданні крові (захисна функція), а гемоглобін — у перенесенні газів (транспортна функція).

Обмін жирів. Жири їжі під дією травного ферменту ***ліпази*** й жовчі розщеплюються на ***гліцерин*** і ***жирні кислоти***. У клітинах епітелію кишечника з них синтезується жир, властивий певному організму. У вигляді емульсії він надходить до лімфи, а з нею у кровоплин. Жир може утворюватися також із вуглеводів і білків.

Він може відкладатися у жировій клітковині сполучної тканини й між органами. Ці відкладення оберігають органи від струсів, є теплоізолятором (захисна функція). За потреби запаси жирів стають джерелом енергії, оскільки енергоємність жиру більша, ніж у вуглеводів і білків, узятих разом (енергетична функція). У жирах розчиняються певні вітаміни, будуються клітинні мембрани (структурно-пластична функція). Жири є складовими в шляхах проведення нервових сигналів, з них утворюються деякі гормони (регуляторна функція).

Обмін вуглеводів. Складні вуглеводи їжі починають розкладатися в ротовій порожнині. Під дією ферменту слини ***амілази*** в ротовій порожнині й ферментів підшлункової залози в кишечнику складні вуглеводи розкладаються до глюкози й інших простих вуглеводів.

Прості вуглеводи надходять до печінки. Частина цукрів з печінки доправляється у кров і з нею надходить у необхідній кількості до всіх клітин організму. З надлишків цукрів синтезується запасна нерозчинна речовина глікоген, яка за потреби перетворюється на розчинну у воді глюкозу (запасальна функція).

Глюкоза — найважливіше джерело енергії, що вивільнюється під час її розщеплення. Вона забезпечує безліч потреб організму, зокрема енергетичні потреби нервової системи, необхідні для проведення нервових імпульсів.

Вуглеводи містяться в міжклітинній речовині. Вони перебувають у складі нуклеїнових кислот, а отже, беруть участь у передачі спадкової інформації. Деякі токсичні речовини внаслідок взаємодії з глюкозою в печінці стають легкорозчинними і швидше видаляються з організму.

Отже, вуглеводам притаманні запасальна, енергетична, структурно-пластична, захисна функції.

Кінцевими продуктами розкладання всіх органічних речовин є вода й вуглекислий газ, а білків — ще й сполуки Нітрогену, наприклад сечовина.

Обмін води й мінеральних речовин. І вода, і мінеральні солі є складовими їжі й організму людини. Усі біохімічні реакції в ньому

відбуваються у водному середовищі. Вода або пов'язана хімічними зв'язками з іншими сполуками, або розчиняє їх. Вміст води в організмі людини сягає 90 %.

Вода є компонентом складу будь-якої клітини, реагентом у багатьох клітинних реакціях. Вода міститься у травних соках. Вона входить до складу крові й лімфи, а отже, бере участь у транспорті речовин. Разом з водою видаляються назовні кінцеві продукти розпаду білків, жирів, вуглеводів. Виділення води відбувається із сечею, калом, потом, а також під час дихання.

У середньому з організму людини виділяється 1,7–2,2 л води на день. Для збереження водно-сольового балансу таку саму її кількість людина споживає. Понаднормове підвищення концентрації солей у крові та тканинній речовині може призвести до того, що вода почне виходити з клітин і вони загинуть. Якщо концентрація солей у крові та тканинній речовині буде нижчою за норму, вода почне надходити в клітини, і їхня робота порушиться.

Мінеральні речовини потрібні для забезпечення зсідання крові (Кальцій), транспортування нею газів (Ферум у складі гемоглобіну), утворення кісткової тканини (Кальцій, Фосфор), появи нервових імпульсів (Кальцій, Натрій, Калій) тощо. Загальна кількість мінеральних речовин в організмі людини становить близько 4,5 % його маси. Проте щоденна потреба в цих речовинах невелика й за умов правильного харчування повністю забезпечується (крім кухонної солі) за рахунок різноманітної їжі.

Вітаміни. Це органічні сполуки різного хімічного складу. Вони не беруть участі у пластичному або енергетичному обміні, проте є вихідними речовинами для синтезу ферментів.

Вітаміни майже не утворюються в організмі людини, вони надходять до нього з їжею. І це зумовлює вимоги до харчування — набір продуктів має містити всі вітаміни, потрібні людині, і в достатній кількості. Добова потреба у вітамінах невелика. Проте відсутність у їжі хоча б одного з вітамінів протягом тривалого часу може спричинити ***авітамінози***, а нестача вітамінів — ***гіповітамінози***. Це порушення метаболізму, пов'язані з відсутністю певних ферментів, без яких відповідні реакції обміну не відбуваються. Таке явище і спричинює тяжкі захворювання: цингу, порушення зору, рахіт тощо.

Відомо кілька десятків вітамінів. Зазвичай їх або їхні групи позначають великими буквами латиниці: A, B (B_1, B_2...), C, D тощо. Розрізняють ***жиророзчинні*** й ***водорозчинні*** вітаміни. У **табл. 1** на форзаці наведено відомості про деякі вітаміни, прояви гіповітамінозу, харчові продукти, які містять ці вітаміни, і добову потребу в них.

Слід пам'ятати, що внаслідок тривалого зберігання, теплової обробки їжі, взаємодії із залізом вітаміни руйнуються. Варити їжу краще в емальованому посуді. Вітамін С руйнується навіть під час взаємодії з повітрям. Отже, продукти, що його містять, краще опускати у воду, що вже кипить,— у ній вміст кисню менший. Також треба ставитися з обережністю до прийому вітамінних препаратів, оскільки їх надлишок в організмі може нашкодити вашому здоров'ю.

1. За текстом параграфа разом з товаришем доповніть таблицю «Функції білків в організмі». Складіть такі таблиці щодо функцій інших органічних речовин. Розподіліть роботу: нехай один із вас зведе в таблицю відомості про жири, другий — про вуглеводи.

Функції білків в організмі

Функція	**Приклади реалізації функції**
Структурно-пластична	Складові органел клітини…
Енергетична	
Захисна	
Регуляторна	
Каталітична	
Транспортна	

2. Користуючись табл. 2 і текстом параграфа, підготуйте коротке повідомлення за планом:
а) Значення вітамінів для обміну речовин.
б) Приклади проявів гіповітамінозів і їхні причини.
в) Як запобігти гіповітамінозу (рекомендації щодо вибраних вами прикладів)?

1. Схарактеризуйте значення їжі для життєдіяльності вашого організму. **2.** На які речовини розщеплюються у травній системі хімічні складові котлети, яку ви з'їли на сніданок? **3.** Розкажіть про обмін білків, жирів і вуглеводів в організмі людини. **4.** Якими є функції води в організмі? **5.** Поясніть, до яких наслідків можуть призвести понаднормові зміни концентрації солей у внутрішньому середовищі організму. **6.** Поясніть, чому за відсутності або нестачі вітамінів обмін речовин в організмі порушується. **7.** У яких продуктах містяться вітаміни A, B, C, D? **8*.** Поясніть, чому продукти, що містять вітамін С, краще опускати у воду, що кипить. **9*.** Деякі люди вважають, що вітаміни містяться лише в рослинах. Чи є таке твердження правильним? Відповідь обґрунтуйте.

§7 Їжа та її компоненти. Харчові та енергетичні потреби людини. Склад і значення харчових продуктів

Їжа та її компоненти. Які саме особливості компонентів їжі надають їй змогу якнайкраще забезпечувати обмін речовин в організмі людини?

Усі численні її складові розділяють на ***поживні*** й ***баластні речовини***. До поживних речовин їжі належать білки, жири, вуглеводи, вітаміни й мінеральні речовини. Прикладом баластних речовин є клітковина, яка не бере участі в процесах обміну, проте сприяє просуванню їжі в травному тракті.

І серед білків, і серед жирів є сполуки, що відрізняються за своїм значенням у процесах метаболізму. У чому полягають причини цих відмінностей?

Види амінокислот. Білки організму людини складаються з 20 амінокислот, проте лише 11 з них він здатний синтезувати сам, перетворивши на них речовини, які надходять до його клітин. Такі амінокислоти називають ***замінними***. А от решта 9 амінокислот в організмі людини не синтезуються. Їх він щодня одержує з їжею в необхідній кількості. Ці амінокислоти мають назву ***незамінні***.

До найбільш цінних належать білки тваринного походження — м'ясні й молочні продукти, яйця, риба й морепродукти. У них зазвичай містяться всі незамінні амінокислоти. Рослинні білки бідніші на вміст незамінних амінокислот, ніж тваринні. Найбільше різних незамінних амінокислот міститься у бобових: білки цих рослин за складом ближчі до тваринних. У складі зернових повноцінних білків менше.

Види жирних кислот. Жири розрізняють за здатністю їхніх складових — молекул жирних кислот — приєднувати інші «елементи» (молекулярні комплекси). Серед них є такі, що цієї властивості не мають або мають незначною мірою. Їх називають ***насиченими***. Ті жирні кислоти, у яких ця властивість виражена добре, отримали назву ***ненасичених***.

Ненасичені жирні кислоти мають велике значення для процесів метаболізму. Тому їх наявність у харчових продуктах дуже важлива. У добовій нормі споживання жирів їх вміст має бути не меншим від 70 %.

Вміст ненасичених жирних кислот більший у деяких рослин, де жирів багато. Це плоди авокадо, лляне, соняшникове насіння, горіхи тощо. Багато їх і в рослинних оліях (соняшниковій, оливковій, кукурудзяній тощо). Олії, що містять ненасичені жирні кислоти, зазвичай при кімнатній температурі перебувають у рідкому стані.

Тверді жири, багаті на насичені жирні кислоти. Вони є у складі продуктів тваринного походження — м'ясі, салі, молоці, сирах тощо.

Харчові й енергетичні потреби організму людини. Для чого ми їмо те, що їмо? Харчування забезпечує дві основні потреби організму. По-перше, з білками, жирами й вуглеводами їжі ми отримуємо будівельні матеріали для створення нових клітин і міжклітинних структур. Тобто названі компоненти їжі пов'язані з пластичною складовою метаболізму. По-друге, за рахунок енергії, що акумульована в хімічних зв'язках вуглеводів, жирів і білків, ми поповнюємо енергетичні ресурси організму. Отже, компоненти їжі «відповідальні» також і за енергетичний обмін.

Потреби пластичного обміну здебільшого забезпечуються продуктами, що містять білки й жири. Це м'ясо, риба, молоко і молочні продукти, бобові рослини. Важливо, щоб організм людини отримував з їжею в достатній кількості мінеральні речовини, наприклад такі мікроелементи, як Кальцій і Фосфор. Кальцій і Фосфор містяться в молоці й молочних продуктах, горіхах, деяких зернових. Багаті на Фосфор риба, яєчні жовтки, м'ясо, насіння соняшнику, гарбуза.

Потреби енергетичного обміну. Важливою характеристикою поживних речовин є їхня енергетична цінність, або калорійність. Її визначають за тим, скільки енергії вивільнюється під час розщеплення одиниці маси поживної речовини. Одиницею вимірювання енергії є джоуль або калорія (1 кал = 4,18 Дж). Енергетичну цінність речовин зазвичай вимірюють, розраховуючи, скільки кілоджоулів або кілокалорій припадає на 1 г речовини. Енергетична цінність жирів — 38,9 кДж/г, білків — 17,2 кДж/г, вуглеводів — 17,2 кДж/г. Як джерела енергії поживні речовини взаємозамінні. Проте білки використовуються організмом в енергетичних реакціях украй рідко. Основні постачальники вуглеводів і жирів для енергетичного обміну — це хліб, цукор, жири (тваринні і рослинні), макарони тощо.

Дуже важливими речовинами, які ми одержуємо з їжею, є вітаміни, що беруть участь в утворенні ферментів та інших біологічно активних речовин. Перелік харчових продуктів, що містять вітаміни, наданий у попередньому параграфі **(див. §6)**.

Норми харчування, харчовий раціон. Харчові потреби людей залежать від статі, віку, активності, стану здоров'я, розмірів тіла людини й навіть від температури навколишнього середовища (у теплому кліматі людина потребує менше їжі) тощо. Отже, важливо дотримуватися принципу, за яким надходження білків, жирів, вуглеводів повністю компенсувало б енергетичні витрати організму. Слід пам'ятати, що вони збільшуються під час важкої фізичної й розумової праці,

інтенсивних тренувань, захворювань. Харчовий раціон також має містити і вітаміни, і мінеральні солі. Орієнтиром, що дає уявлення про норми харчування дорослої людини, є дані, наведені в **табл. 3**.

Людина не вживає окремо білки, окремо жири, окремо вітаміни. Ці речовини входять до складу харчових продуктів, до того ж у різних співвідношеннях **(див. табл. 2 на форзаці)**. Тому, складаючи раціон, продукти харчування потрібно добирати, орієнтуючись на вміст у них певних поживних речовин. З їжею мають надходити також грубоволокнисті речовини, які не перетравлюються в кишечнику, проте стимулюють просування їжі по травному тракту.

Режим харчування має бути таким, щоб їжа надходила до організму невеликими порціями через певні проміжки часу. Краще приймати їжу чотири рази на добу в один і той самий час. Це сприяє тому, що травні соки починають виділятися ще до їди.

Вечеряти необхідно не пізніше ніж за годину-дві до сну, щоб не лягати спати з наповненим шлунком.

Кулінарна обробка їжі. М’ясо, рибу, крупи, більшість овочів перед уживанням піддають термічній обробці. Вони перетворюються на страви, які засвоюються організмом людини краще за сирі продукти. Так, крохмаль у сирому вигляді лише частково перетравлюється в кишечнику, а після обробки легко розщеплюється ферментами слини в ротовій порожнині. Проте потрібно вживати й сирі овочі та фрукти, оскільки їхня клітковина підсилює скорочення кишечника. У сирих овочах і фруктах міститься багато вітамінів, які під час термічної обробки частково або повністю руйнуються. Деякі вітаміни не витримують також дії світла й тривалого зберігання.

Таблиця 3. Приблизні норми добової потреби людини в поживних речовинах

Вік	Білки, г			Жири, г			Вуглеводи, г	Енергетична цінність	
	Усього	Тваринного походження	На 1 кг маси тіла	Усього	Рослинні	Тваринні		ккал	кДж
5–6 років	72	47	3	72	11	3	252	1990	8332
7–10 років	80	48	2,5–3	80	15	3	324	2380	9965
11–13 років	96	5	2–2,5	96	18	3	382	2860	11974
14–17 років									
Хлопчики	106	64	1,9	106	20	3	422	3160	13230
Дівчатка	93	56	1,8	93	20	3	367	2760	11556

1. Скористайтеся текстом параграфа, табл. 3 на с. 31 і табл. 2 на форзаці й доповніть текст.
Моєму організму щодня потрібні такі речовини: … . У ті дні, коли я тренуюся, мені потрібно вживати більше… . Щоб одержувати достатньо вуглеводів, я маю з'їдати… . Я вживаю в їжу… для того, щоб мій організм отримував… . Якщо я не вживатиму білкової їжі, то… .
2. Користуючись табл. 3 на с. 31 і табл. 2 на форзаці, складіть для свого товариша меню на тиждень. Укажіть, які продукти і в якій кількості йому слід з'їдати на сніданок, обід, полудень, вечерю. Обміняйтеся складеними меню. Обговоріть, які корективи слід внести у ваш раціон.

1. Які продукти найбагатші на вуглеводи, які — на білки, які — на жири? **2.** Чому в раціон бажано включати тваринні продукти? **3.** Які продукти найкраще забезпечують організм ненасиченими жирними кислотами? **4.** Чому частину овочів і фруктів слід уживати в сирому вигляді? **5.** Чому, поївши перед сном, людина погано спить? **6.** Чи достатньо під час складання раціону враховувати лише калорійність продуктів? Відповідь обґрунтуйте. **7*.** Доповніть речення: *За великих фізичних навантажень енергетична цінність продуктів має бути… на… % (порівняно з діяльністю за відсутності навантажень).* Поясніть, за рахунок яких речовин в основному відбувається така зміна калорійності. **8*.** Чому вегетаріанське харчування може бути небезпечним?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Наслідки неправильного харчування

І недостатнє, і надмірне споживання їжі спричиняє тяжкі наслідки. Останнім часом лікарі дедалі частіше стикаються саме з наслідками надмірного споживання їжі, наприклад з ожирінням. Ожиріння є результатом переважання споживання жирів і вуглеводів над їх розщепленням. Зайвий жир і вуглеводи перетворюються на жирові запаси. Причиною цього є не тільки переїдання, але й гіподинамія. Шляхом до ожиріння є постійне вживання чипсів і солодких напоїв, багатих на вуглеводи. Наслідки ожиріння дуже тяжкі: високий кров'яний тиск, цукровий діабет, атеросклероз, хвороби хребта й суглобів тощо.

Показником правильності харчування певною мірою є маса тіла людини. Вона залежить насамперед від вмісту води, жиру й розвитку скелетних м'язів. У середньому частка позаклітинної води становить близько 15 % маси тіла, жиру — 20 %, м'язів — 40 %. Співвідношення між ними може змінюватися, а в результаті змінюється й маса тіла. Так, у разі набряків збільшується кількість води, а ожи-

ріння — відкладення жиру. У жінок вміст жиру зазвичай вищий, ніж у чоловіків, і з віком його кількість збільшується. М'язова маса може зменшуватися під час голодування і збільшуватися в результаті спеціальних тренувань.

Є багато формул визначення норми маси тіла. За найпростішою з них необхідно від значення зросту в сантиметрах відняти 100. Одержане число є приблизним значенням маси тіла.

Наша лабораторія

Витрати енергії та харчування

Життя людини пов'язане з витрачанням енергії. Ми витрачаємо її весь час — і коли ми зайняті фізичною працею або спортом, і під час розумових процесів... Навіть коли ми спимо, ми теж витрачаємо енергію.

Витрачена енергія поповнюється за рахунок їжі. Джерелом такого поповнення є реакції енергетичного обміну в нашому організмі. Це розпад і окиснення речовин, які утворилися в ньому з продуктів розщеплення поживних речовин їжі у травній системі й синтезувалися у клітинах організму.

Як оцінити енерговитрати організму? Розрізняють основний і загальний обмін. Основний обмін — це енерговитрати вранці натщесерце людини у стані спокою, яка спокійно лежить, проте не спить. Загальний обмін крім основного обміну включає ще енерговитрати на всі інші види діяльності: перетравлювання їжі, розумову й фізичну працю.

Основний обмін змінюється з віком — у підлітків він більший, ніж у дорослих. Якщо доросла людина на день витрачає 100,56 кДж на 1 кг маси тіла, то підліток — 142,6 кДж. У середньому загальний обмін підлітка становить 209,5–272,35 кДж на 1 кг маси тіла на добу.

Як розподіляється енергія, що витрачається в основному обміні? Найбільшими її споживачами є печінка й розслаблені м'язи — на їхню роботу йде по 26 % енергії. На роботу мозку припадає 18 %, 9 і 7 % витрачають серце й нирки, решту — усі інші органи.

Будь-які витрати енергії пов'язані з біологічним окисненням і розпадом органічних речовин, отже, організм потребує їх поповнення.

Як скласти норми харчування, що компенсують енерговитрати? Для цього враховують середні енерговитрати за тиждень і на разові

навантаження. Відомо, що в енергетичному відношенні білки, вуглеводи й жири взаємозамінні (калорійність вуглеводів або білків становить 17,17 кДж, а жиру — 38,97 кДж). Отже, знаючи енерговитрати організму, можна підрахувати, скільки калорій має бути в їжі, щоб ці витрати компенсувати. За цими даними можна підрахувати, яка маса поживних речовин їжі потрібна організму.

Проте під час складання раціону слід орієнтуватися не лише на його калорійність, але й на хімічні компоненти їжі. Рослинний білок, наприклад, не містить незамінних амінокислот, які необхідні людині, або містить їх у недостатній кількості. Тому в раціон слід уключати тваринну їжу, білки якої багаті на незамінні амінокислоти. А от тваринні жири на незамінні ненасичені жирні кислоти бідні. Проте вони є в рослинній олії. Отже, у правильному раціоні мають бути наявні білки, жири й вуглеводи різного походження у відповідному співвідношенні.

Це стосується і вмісту вітамінів та мінеральних речовин у їжі, оскільки харчові продукти відрізняються за цим показником. Так, яблука, м’ясо, печінка, гранати містять багато солей Феруму, сир — Кальцію, картопля багата на солі Калію тощо. Проте є продукти, у яких важливі для організму речовини містяться у великій кількості та при цьому не всмоктуються в кишечнику (баластні речовини). Наприклад, у моркві чимало каротину (вихідної речовини для утворення в нашому організмі вітаміну А), але розчиняється він лише в жирах. Отже, всмоктується каротин лише з продуктів, що містять жири (наприклад, терта морква корисна зі сметаною чи олією).

Підсумки

Обмін речовин і енергії (метаболізм) — це сукупність хімічних процесів, які відбуваються в організмі й забезпечують його життєдіяльність, активне освоєння навколишнього середовища, ріст, розвиток і розмноження.

Підготовча стадія обміну включає перетравлення їжі, дихання, транспортування кисню і продуктів розщеплення, які утворилися під час травлення, до клітин організму.

Основна стадія обміну відбувається в клітинах і складається з двох взаємозв’язаних процесів.

Під час пластичного обміну синтезуються речовини, необхідні організму для побудови органел, утворення ферментів, гормонів тощо.

У процесах енергетичного обміну хімічна енергія, акумульована в органічних речовинах, вивільнюється внаслідок їх окиснення (розпаду). Одна частина цієї енергії перетворюється на теплову, інша акумулюється

в молекулах АТФ, головному енергоносії організму. За рахунок теплової енергії підтримується постійна температура тіла. Енергія, акумульована в молекулах АТФ, використовується в реакціях пластичного обміну.

Завершальна стадія обміну полягає у видаленні з організму кінцевих продуктів окиснення й розпаду.

Усі реакції обміну речовин відбуваються за участю ферментів, що синтезуються в організмі. Для їх утворення необхідні вітаміни, більшість яких надходить із їжею.

Продукти харчування відрізняються за вмістом поживних речовин, необхідних організму, вітамінів, мінеральних речовин. Під час складання раціону слід ураховувати особливості хімічного складу поживних речовин, їхню калорійність, а також наявність у продуктах вітамінів і мінеральних солей.

Працюємо разом

1. Завітайте до супермаркету, виберіть 10 харчових продуктів і ознайомтеся зі змістом етикеток на них. Визначте, які речовини входять до складу кожного продукту. За допомогою додаткової літератури або Інтернету з'ясуйте, який вплив на організм мають ці речовини. Особливу увагу зверніть на ті, що позначені літерою Е та цифрами, наприклад Е239.
2. Разом з товаришами складіть перелік корисних і сумнівних продуктів харчування. Обґрунтуйте свою позицію, підготуйте повідомлення і постер «Вживаємо лише корисні продукти!». Створіть презентацію свого повідомлення і виступіть із нею на конференції. Придумайте для неї назву. Запросіть на неї батьків, учителів.

ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ

Палладін О. В. (1885–1972)

Науку про хімічний склад організмів та їхніх складових, про хімічні процеси, що в них відбуваються, називають біохімією. Розвиток досліджень з біохімії в Україні пов'язаний з іменами видатних учених — О. М. Баха, М. Г. Холодного, О. В. Палладіна. Саме за ініціативою О. В. Палладіна у 1925 р. у Харкові було засновано Інститут біохімії, який згодом був переведений до Києва. Під керівництвом О. В. Палладіна досліджувалися біохімія нервової системи, м'язової системи, білків, ферментів, вітамінів. Результати, отримані вченим і його учнями, знайшли широке застосування в медичній практиці.



Тема 2

Травлення

Відкушуючи шматочок котлети, яблука чи піріжка, ви навіть не уявляєте, які мандри і пригоди чекають на ці ласощі у вашому організмі, перш ніж вони перетворяться на речовини, що братимуть участь у його метаболізмі!

Де відбуваються ці перетворення їжі? Якою є будова фізіологічної системи, що за ці перетворення відповідає? Які впливи на їжу здійснюються в органах цієї системи? Які сполуки утворюються з речовин їжі внаслідок цих впливів? Як вони потрапляють до клітин? Яку їжу слід споживати, щоб зберегти своє здоров'я?

Відповіді на ці запитання ви знайдете, вивчаючи розділ «Травлення».

§8 Огляд будови травної системи

Що таке травлення? Більшість харчових продуктів зазнає в організмі попередньої обробки, завдяки якій вони стають придатними для засвоєння. Під час перетравлення їжа механічно подрібнюється, переміщується і перемішується у травному тракті за рахунок роботи його м'язової оболонки. Одночасно за участю спеціальних травних ферментів відбувається хімічне розщеплення великих органічних молекул на простіші сполуки.

У результаті перетравлення молекули білків розщеплюються на амінокислоти, молекули складних вуглеводів, наприклад крохмалю,— на глюкозу й інші прості вуглеводи, молекули жирів розпадаються на гліцерин та жирні кислоти. Речовини, що утворилися, надходять у кров або лімфу і разом з ними переносяться до клітин.

Проте не всі компоненти їжі можуть бути перетравленими. Наприклад, целюлоза, що входить до складу рослинних клітин, перетравлюється лише частково. Неперетравлені рештки видаляються з організму.

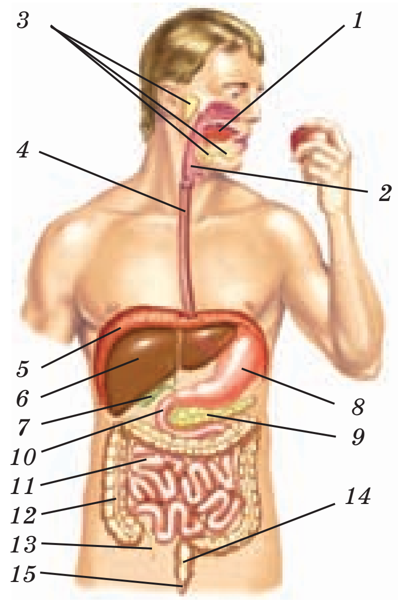
Перетравлення їжі, всмоктування простих молекул, які утворилися внаслідок розщеплення її речовин, видалення неперетравлених решток з організму називають ***травленням***.

Будова стінки травного тракту. Травлення відбувається в травному тракті, який разом із травними залозами утворює травну систему **(мал. 8.1)**.

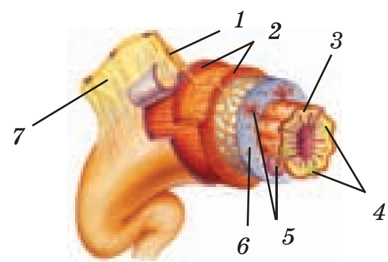
Відділи травної системи відрізняються за будовою, проте загальний план будови стінки травного тракту **(мал. 8.2)** в усіх однаковий. Внутрішній її шар утворений слизовою оболонкою, що складається з епітелію. За нею йдуть шари гладеньких м'язів, які оточує сполучна тканина.

Деякі клітини епітелію виділяють травні соки й слиз, який огортає їжу й полегшує її проходження по травному тракту. Слиз захищає від перетравлення епітеліальну тканину. Наступний шар — м'язовий, представлений кільцевими й подовжніми м'язами. Їх скорочення забезпечує рух їжі по травному тракту та її перемішування. Зовнішній шар стінки травного тракту, його оболонка, утворена волокнистою сполучною тканиною і є частиною очеревини. ***Очеревина*** вистилає черевну порожнину й покриває внутрішні органи, захищаючи травний тракт і зменшуючи тертя відділів під час скорочення. За допомогою виростів очеревини шлунок і кишечник прикріплюються до задньої стінки черевної порожнини. Усі шари стінки травного тракту пронизані густою мережею кровоносних судин і нервових закінчень.

Органи травної системи. Травний тракт складається з ротової порожнини, глотки, стравоходу, шлунка, тонкого й товстого кишечника, який закінчується анальним отвором. Травні залози виробляють травні соки, які містять



Мал. 8.1. Будова травної системи: *1* — ротова порожнина; *2* — глотка; *3* — слинні залози; *4* — стравохід; *5* — діафрагма; *6* — печінка; *7* — жовчний міхур; *8* — шлунок; *9* — підшлункова залоза; *10* — дванадцятипала кишка; *11* — тонкий кишечник; *12* — товстий кишечник; *13* — апендикс; *14* — пряма кишка; *15* — анальний отвір



Мал. 8.2. Будова стінки травного тракту: *1* — нерви; *2* — гладенькі м'язи; *3* — слизова оболонка; *4* — лімфатичні судини; *5* — травні залози; *6* — підслизова оболонка; *7* — очеревина

ферменти й деякі інші речовини, необхідні для травлення. Кожен із відділів травної системи в ході перетравлення їжі виконує певні завдання.

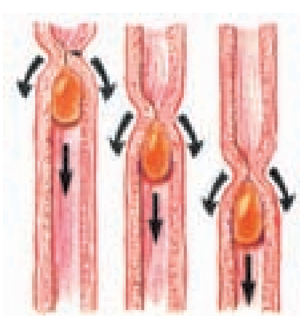
У ***ротовій порожнині*** їжа подрібнюється і перемішується за допомогою зубів і язика, зволожується слиною. У ній містяться численні ферменти, під дією яких починається розщеплення складних вуглеводів. Слина також зволожує їжу, полегшуючи її проковтування.

Завдяки в'язкості слини з подрібненої їжі утворюються харчові грудки, які проштовхуються язиком у напрямку ***глотки***. У цей час вхід до гортані закривається надгортанником, тому їжа не потрапляє в дихальні шляхи, а спрямовується у стравохід. Харчова грудка проковтується і надходить до ***глотки***, а з неї — до стравоходу.

Стравохід — це вузька трубка завдовжки близько 25 см. Грудка, рухаючись стравоходом, не падає в шлунок, а пересувається завдяки ***перистальтичним рухам***. Щоб просунути грудку, кільцеві м'язи стравоходу позаду неї скорочуються **(мал. 8.3)**, а ті, що розташовані перед нею, розслабляються. Одночасно скорочуються і подовжні м'язи попереду грудки. Як наслідок, грудка просувається стравоходом.

Стравохід закінчується ***сфінктером*** — ділянкою з розвиненими кільцевими м'язами. Під час їх розслаблення харчова грудка потрапляє до шлунка. Скорочення сфінктера перешкоджає поверненню вмісту шлунка в стравохід.

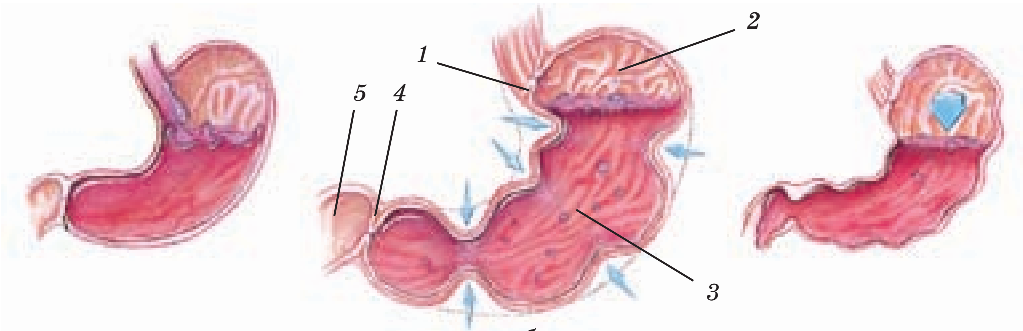
Шлунок — порожнистий мішкоподібний м'язовий орган, що розтягується, коли до нього потрапляє їжа. Стінки порожнього шлунка утворюють складки, і він має розмір зо два кулаки. Повністю розтягнутий шлунок може вміщувати 2–4 л їжі.



Мал. 8.3. Перистальтичні рухи стравоходу

У шлунку їжа накопичується і перемішується **(мал. 8.4)** завдяки скороченню м'язового шару. Хімічні зміни їжі відбуваються під дією шлункового соку. У шлунку харчові грудки перетворюються на напіврідку масу — ***хімус***. Він час від часу виштовхується в кишечник через отвір, оточений сфінктером. У стані скорочення сфінктер перешкоджає поверненню хімусу до шлунка.

Кишечник складається з двох відділів. Це ***тонкий кишечник*** і ***товстий кишечник***. Перший відділ тонкого кишечника — ***дванадцятипала кишка***, куди відкриваються протоки ***підшлункової залози*** й ***жовчного міхура***, до якого з ***печінки*** надходить жовч **(мал. 8.5)**. Підшлункова залоза

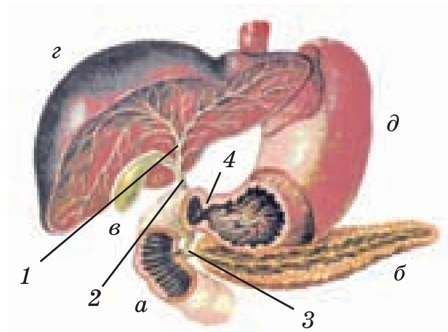


Мал. 8.4. Надходження їжі в шлунок (*а*); перемішування вмісту шлунка (*б*); вихід хімусу зі шлунка (*в*): *1*, *4* — сфінктери; *2* — складки слизової оболонки шлунка; *3* — хімус; *5* — дванадцятипала кишка

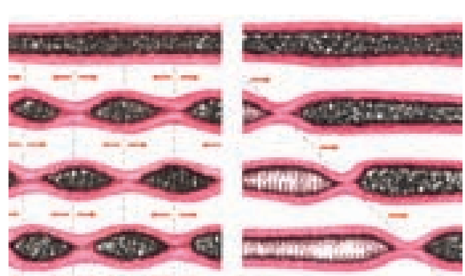
і печінка — найбільші травні залози системи травлення.

Довжина дванадцятипалої кишки — близько 25 см. Наступні відділи тонкого кишечника — ***порожниста*** і ***клубова кишки*** — мають довжину, відповідно, 1,5–2,5 і 3 м. Отже, перетравлення у тонкому кишечнику відбувається протягом значного часу. Завдяки перистальтичним і маятникоподібним рухам кишечника хімус перемішується і переміщується **(мал. 8.6)**. У цей час він обробляється ***жовчю***, соком підшлункової залози й секретами залоз тонкого кишечника. У тонкому кишечнику остаточно розщеплюються поживні речовини їжі. Тут відбувається і всмоктування продуктів їх розщеплення.

Товстий кишечник має довжину 1,2–1,5 м, його діаметр сягає 9 см. У ньому частково перетравлюються баластні речовини, такі як клітковина. Неперетравлені рештки в товстому кишечнику ущільнюються, адже внаслідок усмоктування вода з них вида-



Мал. 8.5. Дванадцятипала кишка (*а*); підшлункова залоза (*б*); жовчний міхур (*в*); печінка (*г*); шлунок (*д*): *1*, *2*, *3* — протоки печінки, жовчного міхура й підшлункової залози; *4* — сфінктер



Мал. 8.6. Маятникоподібні (*а*) і перистальтичні (*б*) рухи кишечника

ляється. Рештки, просуваючись, перетворюються на щільні калові маси. З прямої кишки вони виводяться назовні через анальний отвір.

1. Обговоріть із товаришем, чи достатньо ключових слів у наведеному переліку для загальної характеристики травлення. Які слова, на ваш погляд, є зайвими? Перевірте свою думку за текстом першої частини параграфа.
   Перетравлення, механічна обробка, хімічна обробка, перетворення речовин їжі, всмоктування речовин, тваринні клітини, кісткова тканина, неперетравлені рештки, травлення.
2. Разом з товаришем сплануйте, як за описом будови стінки травного тракту і мал. 8.2 зробити з пластиліну її модель. Розкажіть про функції кожного шару стінки.
3. Запропонуйте товаришеві назвати й показати на мал. 8.1 органи травної системи в тій послідовності, у якій їжа переміщується травним трактом. Коментуйте роботу товариша, спираючись на опис функції кожного з органів травного тракту, наданий у тексті.

1. Яке твердження є правильним?
   а) Перетравлення їжі — складова процесу травлення.
   б) Перетравлення їжі є процесом травлення.
   Відповідь аргументуйте.

2. Назвіть оболонки травного тракту. Яку функцію виконує м’язовий шар у складі стінки тракту? **3.** Поясніть за мал. 8.3, як відбуваються перистальтичні рухи стравоходу. Яким є їхнє завдання? **4.** У якому відділі травного тракту відбувається остаточне розщеплення поживних речовин їжі? **5.** Які травні залози постачають свій секрет у тонкий кишечник? **6*.** Підрахуйте, яку максимальну довжину може мати кишечник дорослої людини. Як це пов’язано з його функцією? **7*.** Назвіть етапи травлення котлети, яку ви з’їли на сніданок.

§9 Травлення в ротовій порожнині, шлунку, тонкому кишечнику

Ротова порожнина (мал. 9.1). У ній механічні дії щодо їжі виконують здебільшого зуби і язик. У дорослої людини 28–32 постійні зуби. Спереду на обох щелепах розташовуються по чотири ***різці*** й по два ***ікла***. Вони необхідні для розрізання й відкушування їжі. За іклами з кожного боку розташовані два малі та три великі ***кутні зуби***. Завдяки їхній горбистій поверхні їжа розчавлюється і перетирається.

Зуби розміщені в комірках щелеп. У їхньому складі **(мал. 9.2)** розрізняють ***коронку, шийку*** й ***корінь***, що міститься глибоко в щелепі.

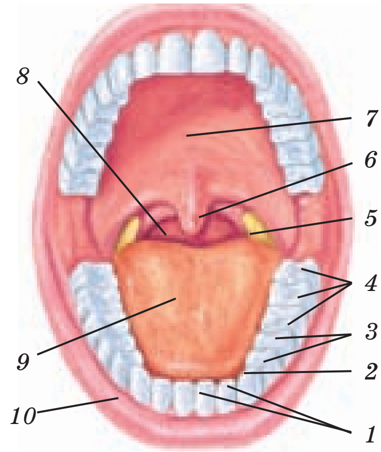
Коронка вкрита ***емаллю*** — найтвердішою речовиною в організмі. Вона оберігає зуб від стирання та проникнення бактерій.

Під емаллю міститься твердий і стійкий ***дентин***, з якого складається основна частина зуба. Усі ці складові зуба утворені з різновидів сполучної тканини. Усередині зуба розташований канал, заповнений ***пульпою***. Це пухка сполучна тканина, де містяться кровоносні й лімфатичні судини, нервові закінчення, а також клітини, що синтезують речовини, з яких складається дентин.

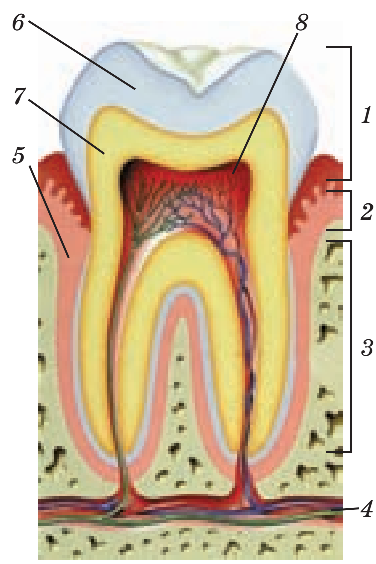
Язик — м'язовий орган, що бере участь у перемішуванні їжі, визначенні її смаку.

Слину, з якою змішується їжа, секретують ***слинні залози***, розташовані в слизовій оболонці, й парні ***під'язикові***, ***підщелепні*** та ***привушні*** слинні залози. За день слинні залози виробляють близько 1,5 л слини. Вона містить воду та різні неорганічні речовини, ферменти. Під дією ферменту ***амілази*** починається розщеплення крохмалю на прості вуглеводи, а в останній його фазі бере участь фермент ***мальтаза***. Потримайте в роті шматочок хліба, і ви відчуєте ефект впливу мальтази: хліб стає солодким. Фермент ***лізоцим*** знищує хвороботворні бактерії, які потрапляють із їжею до ротової порожнини.

Із ротової порожнини оброблена в ній їжа (харчова грудка) завдяки скороченням м'язів щік і язика проштов-



Мал. 9.1. Ротова порожнина: *1* — різці; *2* — ікло; *3* — малі кутні зуби; *4* — великі кутні зуби; *5* — мигдалик; *6* — язичок; *7* — піднебіння; *8* — глотка; *9* — язик; *10* — губа



Мал. 9.2. Будова зуба: *1* — коронка; *2* — шийка; *3* — корінь; *4* — кровоносні судини та нервові закінчення; *5* — ясна; *6* — емаль; *7* — дентин; *8* — пульпа

хується в глотку і проковтується. М'язи глотки вище від грудки скорочуються, і починається її рух до стравоходу.

Стравохід. Цей орган з'єднує глотку і шлунок. По стравоходу харчова грудка пересувається завдяки перистальтичним рухам. Так, вода доходить до шлунка за 1 с, грудочка каші — за 5 с, а твердіші частинки — за 9–10 с.

Травлення в шлунку. Хімічні зміни їжі відбуваються у шлунку під дією ***шлункового соку***. Що більше жирів міститься в їжі, то довше вона затримується в шлунку.

Шлунковий сік — безбарвна рідина без запаху. Він виробляється залозами слизової оболонки шлунка. В 1 мм^2 слизової оболонки міститься до 100 таких залоз. Одні секретують ферменти, інші — хлоридну кислоту, треті — слиз. У людини зазвичай виробляється 2–2,5 л шлункового соку за добу.

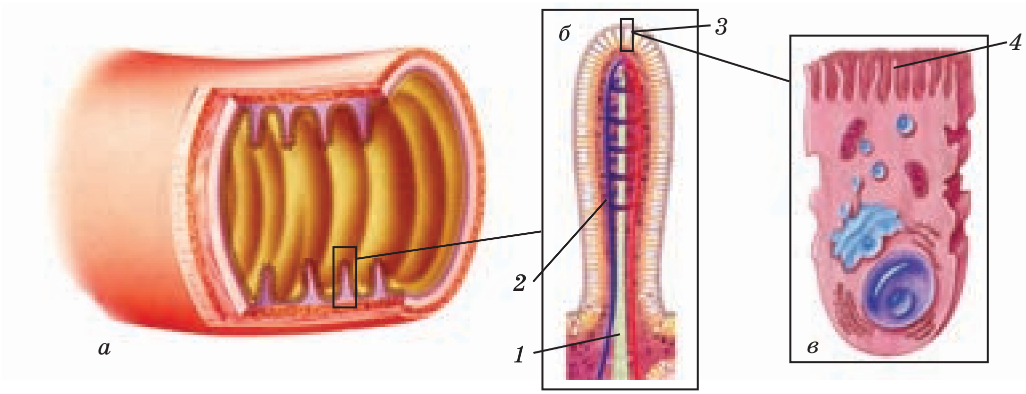
Основний фермент шлункового соку — ***пепсин***, що розщеплює молекули білка на амінокислоти. Пепсин діє лише при температурі 35–37 °С і за наявності хлоридної кислоти. Хлоридна кислота знищує хвороботворні мікроорганізми. Слиз, яким укрита слизова оболонка шлунка, перешкоджає дії хлоридної кислоти й пепсину на його стінку, захищаючи її від самоперетравлення і механічних ушкоджень.

Хімус, що утворюється в шлунку під дією його речовин, доправляється до кишечника.

Травлення в тонкому кишечнику. У цьому відділі травної системи на хімус діють ферменти підшлункової залози, жовч із жовчного міхура, а також ферменти залоз тонкого кишечника. У ньому остаточно розщеплюється близько 80 % вуглеводів і майже 100 % білків і жирів, що надходять із їжею. Білки розщеплюються під дією двох основних ферментів — ***трипсину*** та ***хемотрипсину***, вуглеводи — під дією амілаз, жири розщеплюють ***ліпази***. Ці ферменти не працюють у кислому середовищі. Тому для нейтралізації хлоридної кислоти, яка надходить у складі хімусу до тонкого кишечника, його залози та підшлункова залоза виділяють лужні речовини.

У жовчі ферментів немає. Речовини жовчі «розбивають» нерозчинні у воді краплі жиру на дрібніші крапельки. Так жири стають доступнішими для дії ліпаз та краще розщеплюються.

Де саме в тонкому кишечнику відбувається травлення? У цьому процесі розрізняють порожнинне і пристінкове травлення. Під час ***порожнинного травлення*** великі органічні молекули подрібнюються за допомогою ферментів кишечника, підшлункової залози й жовчі. Остаточне розщеплення відбувається під час ***пристінкового травлення***.

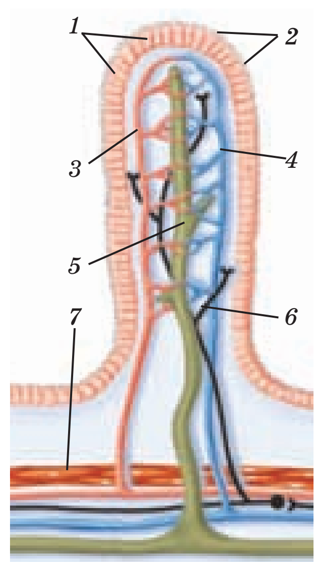


Мал. 9.3. Складки й ворсинки на внутрішній поверхні тонкого кишечника (*а*); ворсинки (*б*); епітеліальні клітини з мікроворсинками (*в*): *1*, *2* — лімфатичні та кровоносні судини; *3* — клітини епітелію ворсинок; *4* — мікроворсинки

Складчаста внутрішня поверхня кишечника **(мал. 9.3)** покрита безліччю ворсинок, вкритих клітинами епітелію, які виробляють ферменти, слиз тощо. Мембрани клітин епітелію утворюють мікроворсинки. На цій розгалуженій поверхні епітеліальної оболонки в слизі, збагаченому ферментами, і відбувається пристінкове травлення. Невеликі молекули (продукти порожнинного травлення) розщеплюються на ще дрібніші.

Дрібні молекули, що утворилися під час пристінкового травлення, всмоктуються, тобто долають епітеліальний шар стінки кишечника. Здебільшого це відбувається саме в тонкому кишечнику, який завдяки наявності ворсинок і мікроворсинок за площею внутрішньої поверхні перевищує футбольне поле.

Транспорт речовин через епітелій відбувається у два способи. Частина молекул дифундує всередину ворсинок через щілини між клітинами. Інша частина проникає крізь самі клітини епітелію, і це потребує витрат енергії. Подолавши епітеліальний бар'єр, молекули через міжклітинну речовину надходять до лімфатичних і кровоносних капілярів у ворсинках **(мал. 9.4)**.



Мал. 9.4. Будова ворсинки тонкого кишечника: *1* — епітеліальні клітини; *2* — мікроворсинки; 3, *4* — кровоносні капіляри; *5* — лімфатичні капіляри; *6* — нерви; *7* — гладенькі м'язи

1. З'ясуйте, у якій частині тексту використано наведені терміни та яку складову травної системи описують за їх допомогою.
Коронка, шийка, корінь, емаль, дентин, пульпа.

Знайдіть у тексті опис того, яким є значення кожної складової. Покажіть його товаришу.

2. Скористайтеся текстом підручника й доповніть таблицю.

Поживні речовини їжі	Органи травного тракту	Травні залози, ферменти	Продукти розщеплення
Складні вуглеводи (крохмаль)		Ферменти слинних залоз	
	Тонкий кишечник		Глюкоза
Білки		Ферменти шлункового соку (пепсин)	
	Тонкий кишечник		Амінокислоти
Жири	Тонкий кишечник		Гліцерин і жирні кислоти

3. Виберіть із наданих запитань три, які ви вважаєте найбільш важливими, і поставте їх товаришу. Нехай він знайде відповіді на них у тексті параграфа.

— *Де відбувається порожнинне травлення?*

— *За допомогою яких речовин воно здійснюється?*

— *Які особливості епітелію кишечника є пристосуваннями для пристінкового травлення?*

— *У якому середовищі відбувається остаточне розщеплення жирів, білків, вуглеводів?*

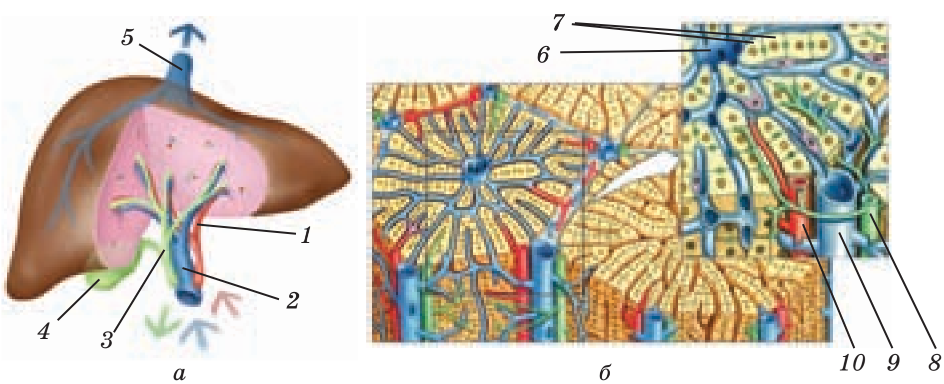
1. Що відбувається зі шматочком солодкого пиріжка у вашій ротовій порожнині? Які речовини на нього діють? **2.** Поясніть, як відбувається ковтання. Чому під час нього їжа не потрапляє в гортань? **3.** Як змінюється їжа в шлунку й тонкому кишечнику? **4.** На які складові їжі діє жовч? У чому особливість її дії? **5.** Охарактеризуйте процес пристінкового травлення. Яку роль у ньому відіграють ворсинки й мікроворсинки? **6.** У які способи відбувається всмоктування продуктів розщеплення поживних речовин їжі? **7*.** Яким є зв'язок між слизом, хлоридною кислотою й пепсином у шлунку? **8*.** Чи потрапить їжа до шлунка, якщо проковтнути її, висячи догори ногами на турніку? Відповідь обґрунтуйте. **9*.** На малюнку, розміщеному на початку теми 2 (с. 36), зображено внутрішню поверхню шлунка. Поясніть, чим зумовлена її форма.

§10 Травлення в товстому кишечнику. Печінка й підшлункова залоза

Травлення в товстому кишечнику. Перетравлення їжі та її всмоктування в основному завершуються в тонкому кишечнику. Виняток становлять лише такі речовини, як, наприклад, целюлоза. Вона частково перетравлюється в товстому кишечнику численними молочнокислими бактеріями. Ці бактерії-мутуалісти синтезують корисні для людини речовини: деякі амінокислоти, вітамін K, вітаміни групи B, що надходять у кров і транспортуються до кожної клітини організму людини.

Травний сік, який продукують залози стінок товстої кишки, майже не містить ферментів. Основний його компонент — слиз, який діє на неперетравлені рештки, і вони стають подібними до мастила.

Чому рештки їжі в товстому кишечнику ущільнюються? Саме в ньому відбувається інтенсивне всмоктування води в кровоносні судини. Неперетравлені складові їжі, позбавляючись води, перетворюються на щільні калові маси. Калові маси можуть залишатися в товстому кишечнику до 36 годин, а потім переміщуються до прямої кишки. З прямої кишки вони виводяться назовні через анальний отвір, оточений сфінктером. Цей сфінктер, на відміну від тих, що розміщуються в стравоході та шлунку, скорочується довільно. Це означає, що виділення калових мас людина контролює.



Мал. 10.1. Печінка (*а*): *1* — печінкова артерія; *2* — ворітна вена печінки; *3* — жовчна протока; *4* — жовчний міхур; *5* — печінкова вена. Будова печінкової часточки (*б*): *6* — центральна вена часточки; *7* — гепатоцити; *8* — жовчний каналець; *9* — вена ворітної системи; *10* — артерія

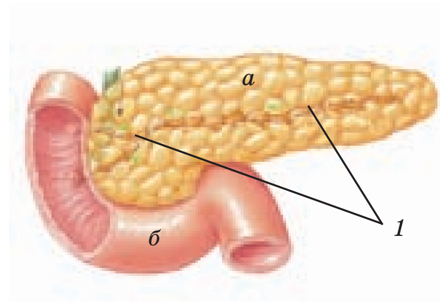
Отже, всмоктування відбувається на всіх ділянках травного тракту. Проте на кожній з них до внутрішнього середовища надходять різні речовини. У ротовій порожнині й стравоході всмоктується незначна кількість простих вуглеводів. У шлунку в невеликій кількості всмоктуються вода, глюкоза, амінокислоти тощо. Найінтенсивніше всмоктування поживних речовин відбувається в тонкому кишечнику. У товстому кишечнику всмоктується здебільшого вода.

Печінка й підшлункова залоза. Печінка **(мал. 10.1)** — найбільший із внутрішніх органів людини, її маса складає 2–4 % маси тіла. Вона розташована з правого боку в черевній порожнині під діафрагмою. У печінку заглиблений жовчний міхур, з'єднаний жовчною протокою з дванадцятипалою кишкою. Печінка складається з клітин ***гепатоцитів***, зібраних у часточки діаметром 0,5–2 мм. Каркас, що утримує гепатоцити разом, утворений сполучною тканиною, її шаром оточений і весь орган. Печінка рясно пронизана лімфатичними і кровоносними судинами та нервами. Кров, насичену киснем, постачає до капілярів печінки печінкова артерія. Ворітною веною до неї потрапляє кров, насичена речовинами, які всмокталися в системі кровообігу кишечника.

Якими є функції печінки? Її відносять до травних залоз, оскільки гепатоцити виробляють жовч, що накопичується в жовчному міхурі. Надходження жовчі до дванадцятипалої кишки починається за 5–10 хв після вживання їжі та триває 6–8 годин. Жовч складається з води, мінеральних солей, слизу, жирів, жовчних кислот і жовчних пігментів, що надають їй жовто-зеленого кольору. Вона підсилює перистальтику кишечника, сприяє виділенню соку з підшлункової залози, підвищує активність травних ферментів кишечника, полегшує розщеплення жирів, подрібнюючи їхні великі краплини.

Наступна функція печінки — бар'єрна. Не всі речовини, які надійшли в кров по капілярах кишечника, є корисними. Потрапивши з кров'ю до печінки, шкідливі речовини у гепатоцитах зазвичай знешкоджуються, а продукти їх розщеплення виводяться разом із жовчю в кишечник. У печінці також розщеплюються продукти розпаду зруйнованих клітин крові еритроцитів, утворюючи жовчні пігменти.

Печінку називають «метаболічним котлом організму». Більша частина корисних речовин, що всмокталися в кишечнику, потрапляє з кров'ю до гепатоцитів. Вони беруть участь у метаболізмі, утворюючи речовини, необхідні для всього організму людини. Так, саме в них глюкоза перетворюється на запасний вуглевод глікоген, синтезується більшість білків крові тощо. Лише невелика частка корисних речовин, що надійшли до крові з кишечника, долає печінку без змін.



Мал. 10.2. Підшлункова залоза (*а*) і дванадцятипала кишка (*б*): *1* — протока підшлункової залози

Печінка бере участь у кровотворенні, накопичуючи Ферум, який використовується для синтезу гемоглобіну. Печінка є одним з депо крові: у ній може міститися до 60 % усього її об'єму в організмі.

Підшлункова залоза (мал. 10.2) розміщується за шлунком. Вона є залозою змішаної секреції, оскільки містить клітини двох типів: одні виробляють компоненти травного соку, інші — гормони. Травний сік збирається в протоку, що відкривається у дванадцятипалу кишку. Вироблення травного соку підшлунковою залозою починається за кілька хвилин після прийняття їжі й, залежно від її складу, триває 6–14 годин. За добу в людини утворюється майже 1,5–2,0 л підшлункового соку.

Основними компонентами підшлункового соку є різні травні ферменти та йони гідрогенкарбонату. Ферменти цього секрету настільки різноманітні, що під їхньою дією розщеплюються молекули майже всіх поживних речовин: і білків, і жирів, і вуглеводів. Йони гідрогенкарбонату нейтралізують у кишечнику хлоридну кислоту, через що травний сік у кишечнику стає слабколужним. Саме в такому середовищі можуть працювати ферменти підшлункової залози.

І печінка, і підшлункова залоза гостро реагують на дію алкоголю й шкідливих речовин, що потрапляють до організму під час куріння. Під їхнім впливом виконання клітинами належних функцій гальмується. Наслідком можуть стати переродження клітин печінки й підшлункової залози, утворення в них злоякісних пухлин.

§

1. Доповніть план, за яким можна розповісти про події в товстому кишечнику. Запропонуйте товаришеві переказати за ним навчальний матеріал.
   а) *Обробка яких речовин і в який спосіб відбувається в товстому кишечнику?*
   б) *Слиз у товстому кишечнику: походження і функція.*
   в)
   г)
   д)
2. Знайдіть у тексті відповіді на запитання:
   а) Яку будову має печінка? б) Які особливості кровопостачання печінки? в) У чому полягає бар'єрна функція печінки? г) Яку роль відіграє печінка в процесі травлення? д) Яка участь печінки в кровотворенні?

3. Використовуючи текст параграфа, порівняйте печінку й підшлункову залозу за масою; типом клітин, з яких складаються органи; за тим, де накопичується секрет залози; за складом секретів.

1. Які процеси відбуваються в товстому кишечнику? **2.** У яких відділах травного тракту відбувається всмоктування? **3.** Чому печінку відносять до травних залоз? **4.** Як впливає жовч на процеси травлення? **5.** Де у вашому організмі знешкоджуються шкідливі речовини, що надійшли з їжею? **6.** Поясніть, чому саме в тонкому кишечнику відбувається інтенсивне розщеплення більшості поживних речовин їжі. **7*.** Які з цих речовин не розщеплюються під дією ферментів підшлункового соку: білки, целюлоза, жири, вуглеводи, вода? **8*.** Чому печінку називають «метаболічним котлом організму»?

§11 Регуляція травлення

Травлення — складний процес, який здійснюється завдяки злагодженій роботі органів травної системи. Кожний з етапів травлення автоматично йде слідом за попереднім, і в кожному з них одночасно бере участь багато органів. Які системи регулюють роботу органів травлення, керують послідовністю їх включення в процеси обробки й перетравлення їжі?

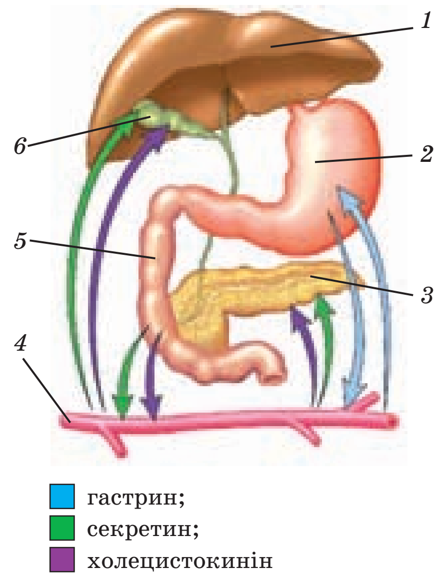
Регуляція слиновиділення. Слина в невеликій кількості надходить у ротову порожнину безперервно. Проте, як тільки шматочок їжі опиняється в роті, слини стає більше. Слиновиділення посилюється мимовільно: його спричиняє саме надходження їжі. У тканинах ротової порожнини містяться «датчики» — закінчення нейронів, здатні розпізнавати дотик, температуру, хімічний склад їжі. Нервові імпульси, що в них виникають, прямують по нейронах у головний мозок до центру слиновиділення, а звідти по ефекторних нейронах передаються в слинні залози, що у відповідь секретують більше слини. Таке збільшення слиновиділення є безумовним рефлексом.

Проте «текти слинка» може і від запаху смачної їжі, яку готують. Це прояв умовного рефлексу на подразник — запах, що зазвичай передував або збігався в часі з прийомом їжі. Крім запаху, до умовних подразників, які «вмикають» центр слиновиділення, належать і вигляд їжі, і навіть дзвін посуду.

Регуляція ковтання. Як тільки харчова грудка досягає кореня язика, починають діяти ковтальні м’язи язика, глотки, верхньої частини стравоходу. Наслідком їхніх дій є ковтання й згинання надгортанного хряща, що запобігає потраплянню їжі в дихальне горло.

Ковтання є складним процесом, у якому беруть участь декілька м'язів. Що забезпечує їхні злагоджені дії?

Ковтальні м'язи скорочуються у відповідь на нервові імпульси, що надходять до них по ефекторних нейронах від центру ковтання в головному мозку. А він починає керувати м'язами, отримавши сигнали від рецепторних нейронів, закінчення яких розміщуються в корені язика і реагують на зустріч із харчовою грудкою.



Мал. 11.1. Регуляція виділення травних соків гормонами травного тракту: гастрином, секретином та холецистокініном: *1* — печінка; *2* — шлунок; *3* — підшлункова залоза; *4* — кровоносні судини; *5* — дванадцятипала кишка; *6* — жовчний міхур

У момент ковтання дихання припиняється. Чому? Центр ковтання пов'язаний із центром дихання. Як тільки нервові імпульси по рецепторному нейрону надходять до центру ковтання, сигнал передається і в центр дихання — дихальні рухи на мить затримуються. Слід пам'ятати: якщо одночасно їсти й розмовляти, взаємодія між ковтальним і дихальним центрами порушується, і ви можете поперхнутися.

Нервова система керує і скороченням м'язів стравоходу під час просування їжі до шлунка. «Запускають» рефлекс нейрони, нервові закінчення яких розташовані у стінці стравоходу. Для них подразником є розширення стінки стравоходу під дією харчової грудки. Сигнали по цих нейронах прямують у нервові центри головного мозку, а звідти по ефекторних нейронах команди передаються на кільцеві м'язи стравоходу позаду грудки й на подовжні попереду неї, примушуючи їх скорочуватися.

Регуляція травлення в шлунку й кишечнику. У керуванні процесами вироблення травних соків беруть участь і нервова, і гуморальна системи регуляції **(мал. 11.1)**.

Як тільки їжа подразнює закінчення рецепторних нейронів у ротовій порожнині, сигнали про це надходять до центру головного мозку, який керує секрецією шлункового соку. За командою із цього центру починається його вироблення клітинами шлунка. Секрецію шлункового соку зумовлюють також інші сигнали (запах, вигляд їжі тощо).

Отже, їжа ще не встигла перетворитися на харчову грудку або навіть потрапити до рота, а клітини шлунка вже секретують шлунковий сік. Завдяки його завчасному виробленню шлунок готується до травлення, тому розщеплення речовин їжі починається, як тільки вона надходить до шлунка.

Виділення шлункового соку регулюється також і нейронами, які розміщені в стінці шлунка. Коли стінка розтягується, ці нейрони подразнюються, і нервові імпульси прямують безпосередньо до клітин, що виділяють шлунковий сік.

Секреція шлункового соку регулюється і в нервово-гуморальний спосіб. Речовини їжі спричиняють хімічні подразнення нервових закінчень, що містяться в стінці шлунка. У відповідь на них певні залозисті клітини стінки шлунка рефлекторно виділяють гормон гастрин. Так до справи стає гормональний чинник: гастрин із кров'ю по капілярах шлунка досягає тих його залозистих клітин, які виробляють шлунковий сік. Під дією гастрину ці клітини збільшують секрецію шлункового соку.

Кишковий сік виробляється під час надходження кислого хімусу зі шлунка до дванадцятипалої кишки. Її клітини починають виділяти два гормони — ***секретин*** і ***холецистокінін***, що діють на підшлункову залозу. Вона відповідає на їхні впливи, синтезуючи підшлунковий сік. Мішенню секретину й холецистокініну є також печінка й жовчний міхур. Секретин активує вироблення жовчі, а холецистокінін примушує скорочуватися стінки жовчного міхура. Як наслідок, у дванадцятипалу кишку викидається порція жовчі.

Робота м'язів стінки шлунка, що спричиняє перемішування їжі та її просування в кишечник, також регулюється рефлекторно. Цю реакцію «запускають» механічні подразнення нервових закінчень у стінці шлунка.

Перистальтика кишечника регулюється так само, як і перистальтика шлунка і стравоходу.

Отже, робота системи травлення постійно перебуває під контролем нервової та гуморальної систем регуляції. Нервова регуляція здійснюється за рахунок рефлексів за участю головного та спинного мозку. Регулюють діяльність системи травлення і її власні нервові сплетіння, що розташовані між шарами м'язів у стінках шлунка й кишечника.

У гуморальній регуляції беруть участь як ендокринні залози організму, так і власна ендокринна система шлунково-кишкового тракту. У більшості його відділів розташовані ендокринні клітини, які продукують гормони.

1. Доповніть низку ключових слів, за допомогою яких можна розповісти про нервову й гуморальну регуляцію на різних етапах травлення: регуляція слиновиділення; подразнення нервових закінчень рецепторних нейронів язика… .
Обговоріть, чи достатньо вашого переліку для докладної розповіді про процеси регуляції травлення.

2. Перевірте за текстом, чи є в наведених твердженнях помилки, і виправте їх: секреція гормона гастрину є рефлексом, який виникає у відповідь на механічні подразнення шлунка; мішенню секретину є лише клітини печінки, а гормон холецистокінін впливає тільки на клітини стінок жовчного міхура.

1. Які процеси травлення регулює нервова система? **2.** Назвіть гормони, що беруть участь у регуляції травлення. Які ефекти цих гормонів? **3.** Поясніть, чи можна назвати шлунок органом ендокринної системи. **4.** Як регулюється скорочення м’язів стінки травного тракту? **5.** Про людину, що розмовляє емоційно, кажуть «бризкає слиною». Поясніть, чому під час швидкого мовлення виділяється більше слини. **6*.** Чому шкідливо постійно жувати жувальну гумку? **7*.** Які складові процесу травлення людина здатна регулювати довільно? Поясніть, чому саме ці складові піддаються свідомому керуванню.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ’Я

Захворювання органів травлення

Порушення травлення може стати наслідком хвороб зубів, які призводять до погіршення обробки їжі. Основна причина захворювань зубів — пошкодження емалі, поява в ній мікротріщин. Пошкодити емаль можна, намагаючись розгризти шкаралупу горіхів, уживаючи дуже холодну їжу або напої. У тріщини проникають мікроорганізми, які спричиняють запалення пульпи. Воно супроводжується гострим зубним болем і подальшим руйнуванням зуба. Щоб зберегти зуби здоровими, необхідно регулярно позбавлятися мікроорганізмів, що потрапили до рота,— полоскати його, чистити зуби перед сном і вранці. Двічі на рік слід відвідувати стоматолога, навіть якщо, на вашу думку, жодних проблем із зубами немає.

На слизову оболонку травного тракту шкідливо впливають нерегулярне та неякісне харчування, уживання алкоголю й куріння. Алкоголь спричиняє загибель епітеліальних клітин, що призводить до запалення слизової оболонки шлунка — хронічного гастриту.

Уживання недоброякісної їжі може спричинити харчове отруєння. Його ознаки — біль у животі, блювання, пронос, головний біль. Постраждалому слід дати 1,5–2 л солоної води або слабкого розчину калій перманганату, а потім викликати блювання. Після промивання шлунка необхідно прикласти грілку до рук і ніг, дати гаряче питво. У тяжких випадках слід негайно викликати лікаря.

Разом з недостатньо обробленою їжею до травної системи можуть потрапити хвороботворні мікроорганізми, які в кишечнику швидко розмножуються. Їхні токсини спричиняють порушення травлення, тяжкі отруєння, кишкові кровотечі. За симптомами бактеріальні кишкові захворювання схожі на харчові отруєння. У разі їх виникнення слід негайно звертатися до лікаря. Особливо небезпечними є дизентерія, сальмонельоз, ботулізм, черевний тиф. Тяжкими є хвороби, спричинені гельмінтами. Вони іноді перебігають важче за інфекційні.

Щоб запобігти таким хворобам, треба дотримуватися правил особистої гігієни, мити перед уживанням в їжу сирі овочі та фрукти. Не слід їсти неякісні продукти й ті, термін зберігання яких уже збіг. Якщо на етикетці не вказано дату виготовлення і термін зберігання продукту, купувати його не можна. Джерелом зараження мікроорганізмами й гельмінтами бувають м'ясо й риба, що не зазнали тривалої теплової обробки.

Наша лабораторія

Звідки в кишечнику гази?

Кожен відчував у кишечнику скупчення газів (метеоризми), які періодично видаляються з нього. Це нормальне фізіологічне явище. Неприємного запаху газовій суміші надають сірководень і певні «ароматні» органічні сполуки. Основними її «постачальниками» є повітря, яке заковтується з їжею, гази, що утворюються в самому кишечнику й дифундують із крові. Під час ковтання їжі до шлунка потрапляє 2–3 мл повітря.

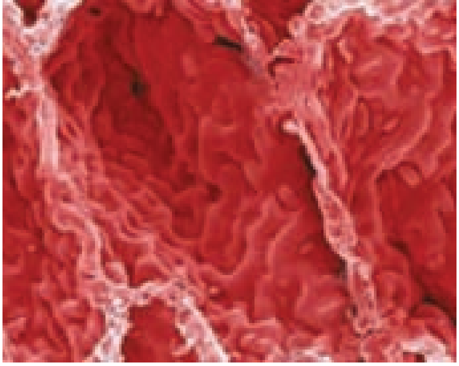
У кишечнику утворюються вуглекислий газ, водень і метан. Два останні гази — результат діяльності бактерій, які живуть у товстому кишечнику. Серед газів, що містяться в крові, найактивніше дифундує до кишечника азот. Вуглекислий газ та кисень до нього в такий спосіб не потрапляють, оскільки їх концентрація в плазмі крові невисока.

Уживання їжі, багатої на целюлозу, може спричинити збільшення кількості газів: цю речовину залюбки розщеплюють бактерії

товстого кишечника. Якщо до складу меню людини входять бобові, то кількість газу, що видаляється, може збільшитися вдесятеро.

Працюємо разом

1. Домовтеся з товаришами й створіть сценарій науково-популярного фільму про перетворення, які відбуваються зі сніданком у травній системі. Придумайте назву цього фільму, замалюйте його ключові кадри. Постарайтеся зробити його цікавим. Проведіть презентацію сценаріїв, виберіть найкращий, відзначте його авторів.
2. Доповніть таблицю «Речовини в моєму організмі» інформацією, яку ви отримали з теми 2 «Травлення».



Тема 3

Дихання

Зазвичай ніхто з нас не помічає, як він дихає. Проте варто пробігти 40–50 м, зробити кілька десятків швидких присідань або нахилів, і ви відчуєте, що виникає задишка, а грудна клітка починає часто здійматися. Що спричинює нестачу повітря? Як пов'язані з диханням рухи грудної клітки? Чому на збільшення фізичних навантажень ваш організм реагує підвищенням частоти рухів грудної клітки?

Відповіді на ці запитання ви знайдете, вивчивши розділ «Дихання». Ви також дізнаєтеся про будову дихальної системи; про механізми вдиху й видиху; про обмін газів у легенях і тканинах; про роботу голосового апарату; про регуляцію процесу дихання.

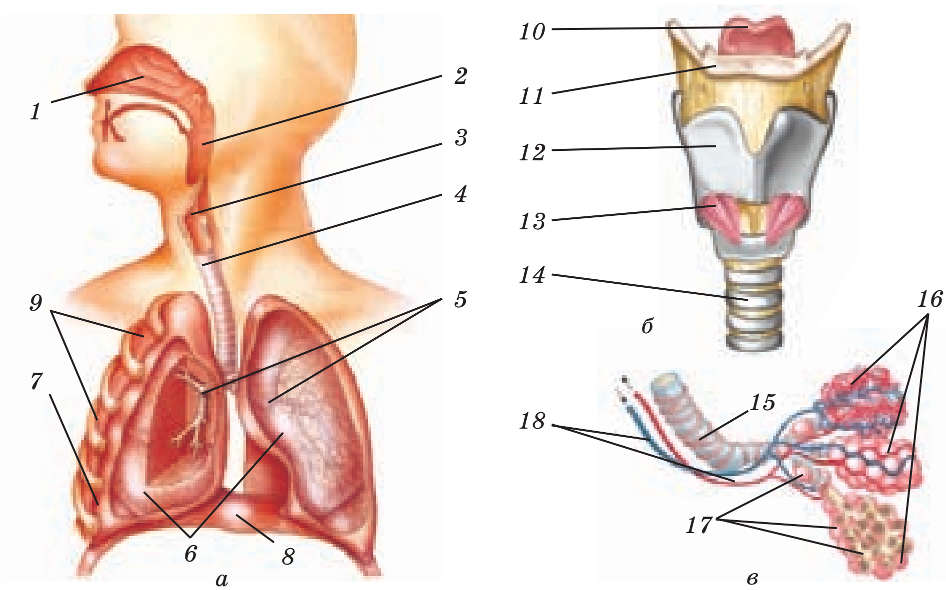
§12 Значення дихання. Система органів дихання

Функція дихання. Без їжі людина може прожити достатньо довго, а без повітря — усього кілька хвилин. Чому нам так необхідне повітря?

Скорочення м'язів, рух крові по судинах, діяльність мозку й безліч інших процесів потребують витрат енергії, яку організм одержує внаслідок реакцій енергетичного обміну, що відбуваються в клітинах. Більшість із них відбувається за участю кисню з утворенням вуглекислого газу й води. Кисень потрапляє до організму, а вуглекислий газ виходить з нього під час газообміну з навколишнім середовищем. І використання кисню в клітинах, і газообмін є складовими дихальної функції. Отже, ***диханням*** називають процеси, що забезпечують надходження до організму кисню, його використання в реакціях енергетичного обміну, а також видалення з організму вуглекислого газу.

Як улаштована дихальна система **(мал. 12.1 а)**? Вона складається з ***легенів***, де відбувається газообмін, і ***повітроносних (дихальних) шляхів***, по яких кисень надходить у легені, а вуглекислий газ видаляється.

Простежимо, який шлях проходить в організмі повітря, щоб дістатися поверхні, де відбувається газообмін. Повітроносні шляхи починаються з ***носової порожнини***. Її стінки вистелені слизовою оболонкою з війчастого епітелію. Деякі його клітини виділяють слиз,



Мал. 12.1. Дихальна система людини (*а*): *1* — носова порожнина; *2* — глотка; *3* — гортань; *4* — трахея; *5* — бронхи; *6* — легені; *7* — плевра; *8* — діафрагма; *9* — міжреберні м'язи. Будова гортані (*б*): *10* — надгортанник; *11* — під'язикова кістка; *12* — щитоподібний хрящ; *13* — місце розташування голосових зв'язок; *14* — початок трахеї. Бронхіоли та альвеоли (*в*): *15* — бронхіола; *16* — скупчення альвеол; *17* — альвеоли; *18* — кровоносні судини

інші — укриті війками. Слиз затримує пил, віруси, бактерії і частково знешкоджує їх. Унаслідок коливання війок слиз виводиться назовні. Завдяки великій кількості капілярів у слизовій оболонці вдихуване повітря зігрівається до температури тіла. Подразнення рецепторів в оболонці носа спричиняє захисні рефлекси, такі як чхання і виділення водянистої рідини.

З носової порожнини повітря надходить до носоглотки й далі потрапляє в ***глотку***. У її стінці розташовані скупчення лімфоїдної тканини — мигдалики, які захищають організм від бактерій і вірусів, вдихуваних разом із повітрям. У глотку відкриваються дихальний і травний шляхи: ***гортань*** (дихальне горло) **(мал. 12.1 б)** і розташований за нею стравохід. Повітря з носоглотки або з ротової порожнини прямує до гортані. Під час ковтання вхід у гортань закривається хрящовим надгортанником, тому до неї їжа не потрапляє. Гортань є також органом голосоутворення.

Усередині гортань вистелена слизовою оболонкою, у якій міститься безліч нервових закінчень рецепторних нейронів. Їх подразнення

під час потрапляння до гортані твердих частинок або рідини спричиняє рефлекс — кашель (різкий видих через ротову порожнину). Так очищується гортань, захищаючи дихальні шляхи, що розташовані нижче, від проникнення шкідливих речовин.

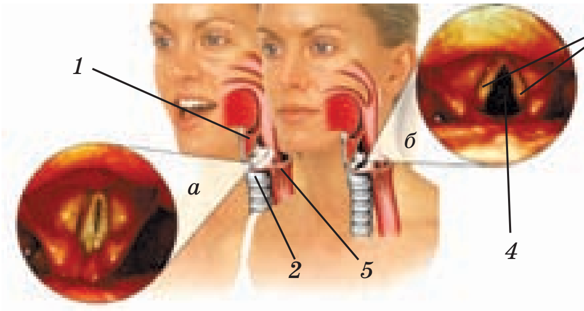
З гортані повітря надходить до ***трахеї*** — трубки, яка утворена хрящовими дугами, з'єднаними щільною сполучною тканиною. Дуги запобігають спаданню трахеї. Трахея поділяється на два головні ***бронхи***, які спрямовуються до правої й лівої легень. Внутрішня поверхня трахеї та бронхів вистелена війчастим епітелієм і вкрита бактерицидним слизом. Війки забезпечують просування слизу разом із пилом і мікроорганізмами до глотки, де він проковтується.

Кожний з головних бронхів багаторазово розгалужується, утворюючи бронхіальне дерево. Найменші бронхи — ***бронхіоли*** — закінчуються мікроскопічними міхурцями — ***альвеолами*** **(мал. 12.1 в)**. Бронхіальні дерева, що «виросли» з кожного головного бронха, оточені багатьма мільйонами альвеол. Їхні стінки складаються із шару епітеліальних клітин, через який і відбувається газообмін.

Бронхіальне дерево й альвеоли утворюють легені — парні органи, які займають майже весь об'єм грудної порожнини. Вони розділені на частки: у правій легені три частки, у лівій — дві. Ззовні легені вкриті щільною оболонкою зі сполучної тканини — ***плеврою***. Така сама оболонка вистилає внутрішню стінку грудної порожнини. Мікроскопічна щілина між цими оболонками (***плевральна порожнина***) заповнена плевральною рідиною. Під час дихальних рухів вона зменшує тертя легенів об стінки грудної клітки.

Отже, кінцевим пунктом переміщення повітря по дихальних шляхах є альвеоли. Їхня загальна поверхня величезна — близько 100 $м^2$. Альвеоли обплетені густою мережею капілярів і розташовані так щільно, що ці судини затиснуті між ними. Кров у капілярах легенів перебуває усього протягом 1 с, і за цей час вуглекислий газ із крові переміщується в повітряний простір альвеоли, а кисень із альвеоли — у кров. Вуглекислий газ видаляється з легенів назовні під час видиху, а кисень у складі крові прямує до всіх клітин організму.

Голосовий апарат (мал. 12.2). Гортань складається з двох невеликих послідовно розташованих порожнин, між якими є вузька голосова щілина. Її краї утворені еластичними ***голосовими зв'язками***, розтягнутими між хрящами. Натяг голосових зв'язок може змінюватися внаслідок скорочення м'язів, які прикріплені до них і до гортані. У щілину між зв'язками проходить усе повітря, яке вдихається і видихається. Коли людина мовчить, розмір щілини достатньо великий, а голосові зв'язки і м'язи ненапружені. Під час видиху



Мал. 12.2. Голосовий апарат. Вимовляння звуків — голосова щілина закрита (*а*); мовчання — голосова щілина відкрита (*б*): *1* — гортань; *2* — трахея; *3* — голосові зв'язки; *4* — голосова щілина; *5* — стравохід

м'язи скорочуються і зв'язки натягуються, наближаючись одна до одної. Щілина між зв'язками звужується, і видихуване повітря, прориваючись крізь неї, спричиняє вібрацію зв'язок. Так виникає звук.

Формування звуків мовлення відбувається за участю нижньої щелепи й рухомих частин порожнини рота: язика, м'якого піднебіння й губ. Регуляцію роботи мовленнєвого апарату здійснюють центри мовлення, розташовані в корі головного мозку.

§

1. З'ясуйте, яким є біологічний сенс кожної складової дихання: *клітинне дихання — ...; газообмін — ... .*
2. Перевірте, чи є неточності у визначеннях дихання: *дихання — процес надходження кисню до організму й видалення з організму вуглекислого газу; дихання — це використання кисню в реакціях енергетичного обміну в клітинах.*
3. За мал. 12.1 простежте шлях повітря від носових порожнин до капілярів, що обплітають легені. Проконтролюйте, чи може ваш товариш назвати органи дихальної системи.
4. Запропонуйте товаришеві вимовити слово «книга». Використовуючи текст, поясніть, яку роботу під час вимовляння цього слова виконує голосовий апарат.

?

1. Які органи утворюють фізіологічну систему дихання, якою є функція кожного з них? **2.** Де розташована глотка, з якими органами вона сполучена? **3.** Що таке кашель і що спричиняє цю реакцію? **4.** Яку будову має поверхня газообміну в організмі людини? **5.** Розкажіть про складові голосового апарату людини. **6*.** Як виникають високі звуки людського мовлення?

§13 Газообмін у легенях і тканинах

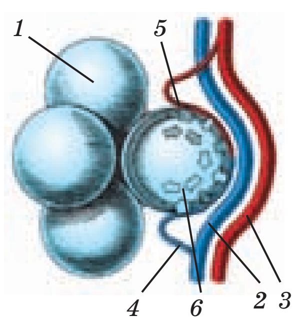
Про характер газообміну в легенях можна судити, якщо порівняти склад повітря, яке ми вдихаємо й видихаємо. Ми вдихаємо атмосферне

повітря, яке містить близько 21 % кисню, 0,04 % вуглекислого газу, решта — азот і невелика кількість інертних газів та водяної пари. У складі видихуваного повітря кисню близько 16 %, вуглекислого газу — близько 4 %. Отже, у легенях багате на кисень атмосферне повітря, що надійшло під час вдиху, замінюється на повітря, у якому вміст кисню в 1,3 разу менший, а вміст вуглекислого газу більший аж у 133 рази. Організм людини в стані спокою щохвилини одержує 250–300 мл кисню й виділяє 250–300 мл вуглекислого газу. Яким є механізм газообміну?

Газообмін у легенях (мал. 13.1). Кисень і вуглекислий газ вільно дифундують через мембрани клітин стінок альвеол і капілярів. Суть цього фізичного процесу полягає в тому, що молекули будь-якої речовини, а отже, й газу, переміщуються з ділянки, де їх концентрація більша, до ділянки, де їх концентрація менша. Це переміщення триває, доки концентрація речовини в обох ділянках не стане однаковою.

У капіляри легенів надходить венозна кров, збагачена вуглекислим газом, що потрапив до неї з міжклітинної рідини, й бідна на кисень. Концентрація кисню в альвеолярному повітрі вища, ніж у венозній крові, тому він переміщується крізь стінки альвеол і капілярів у кров. У крові молекули кисню з'єднуються з гемоглобіном еритроцитів, утворюючи оксигемоглобін — тимчасовий комплекс, що швидко руйнується. У його складі кисень транспортується до клітин. Усі інші гази повітря, які ми вдихнули, розчиняються в плазмі крові та наявні у внутрішньому середовищі організму.

Концентрація вуглекислого газу в альвеолах нижча, ніж у венозній крові. Тому він дифундує з капілярів в альвеоли, а звідти під час видиху видаляється назовні.



Мал. 13.1. Газообмін у легенях: *1* — альвеола; *2* — венула; *3* — артеріола; *4* — капіляр; *5* — CO_2; *6* — O_2

Під час газообміну в легенях венозна кров перетворюється на артеріальну: вміст кисню в ній змінюється зі 140–160 до 200 мл/л, а вміст вуглекислого газу — з 580 до 560–540 мл/л.

Легені є органом виділення — крізь них видаляються леткі шкідливі речовини. До альвеол з венозної крові надходять молекули деяких шкідливих речовин, які потрапили в організм людини (алкоголь, ефір) або утворилися в ньому (наприклад, ацетон). З альвеол вони проникають у видихуване повітря.

Газообмін у тканинах. У тканинній рідині вміст кисню нижчий, ніж в артеріальній крові. Тимчасовий комплекс оксигемоглобін руй-

нується, кисень із капілярів надходить до тканинної рідини. З неї він дифундує до клітин, а саме до мітохондрій, де одразу вступає в реакції енергетичного обміну, тому в клітинах вільного кисню майже немає.

У реакціях енергетичного обміну утворюється вуглекислий газ. Його концентрація в клітинах стає вищою, ніж у тканинній рідині, і газ дифундує до неї, а далі — до капілярів. У них одна частина молекул вуглекислого газу розчиняється в плазмі крові, а інша потрапляє до еритроцитів. У них вуглекислий газ приєднується до гемоглобіну, утворюючи новий тимчасовий комплекс, у складі якого транспортується до капілярів легень.

По судинах великого кола кровообігу венозна кров, бідна на кисень і збагачена вуглекислим газом, надходить до правого передсердя і правого шлуночка. Звідти вона потрапляє до легенів, де знову відбувається газообмін.

У процесі газообміну в легені надходить не лише кисень, а й усі інші гази, що містяться в повітрі. Зазвичай вони не беруть участі в тканинному газообміні, не затримуються в організмі й під час видиху повертаються в навколишнє середовище. Проте внаслідок забруднення повітря до організму можуть потрапити гази, що, проникаючи в клітини тканин, утворюють шкідливі сполуки. Забруднюють повітря викиди промислових підприємств, вихлопні гази, а в побуті — леткі речовини, що містяться в лаках і фарбах, природний і чадний гази. Вони спричиняють отруєння, часто тяжкі. Щоб позбутися небезпечних речовин, інколи недостатньо залишити зону забруднення. Необхідно звернутися по медичну допомогу, щоб видалити їх з організму.

1. У тексті наведено простий доказ того, що в легенях відбувається газообмін. Знайдіть його.
2. Сформулюйте п’ять запитань, на які можна знайти відповідь у тексті цього параграфа. Наприклад: яке фізичне явище є основою газообміну в легенях; чому кисень проникає в клітини?
   Поставте свої запитання товаришеві, перевірте його відповіді.

1. Поясніть, чому вуглекислого газу у видихуваному повітрі більше, ніж у вдихуваному. **2.** Розкажіть, як відбувається газообмін у легенях. **3.** Які показники відрізняють венозну кров від артеріальної? **4.** У чому полягає відмінність між газообміном у легенях і тканинах? **5*.** Чому під час роботи в закритому приміщенні його необхідно періодично провітрювати? **6*.** Кисень є необхідною умовою життєдіяльності тканин, проте вільний кисень у них практично відсутній. Чому?

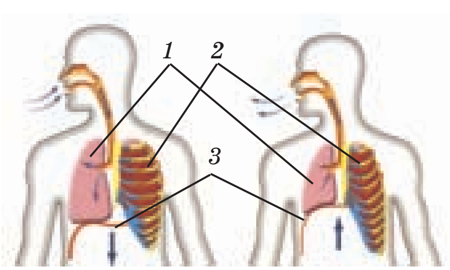
§ 14 Дихальні рухи. Нервова й гуморальна регуляція дихальних рухів

Дихальні рухи (мал. 14.1). Кожен знає: повітря надходить до легенів під час вдиху й виходить із легенів під час видиху. Процес проходження вдихуваного повітря в легені називають ***легеневою вентиляцією***. Яким є механізм легеневої вентиляції?

У стані спокою ви робите 12–16 дихальних рухів за хвилину. За такого темпу вдих відбувається внаслідок скорочення дихальних м'язів — ***міжреберних*** і ***діафрагми***. Діафрагма — тонкий куполоподібний м'яз, що прикріплений до нижніх ребер і хребта й відділяє грудну порожнину від черевної. Під час скорочення діафрагма відтісняє органи черевної порожнини донизу, а зовнішні міжреберні м'язи підіймають ребра. Об'єм грудної порожнини збільшується, послаблюється тиск на легені. Легені розширюються — розтягуються еластичні стінки альвеол і бронхів, збільшується їхній об'єм. Тиск у них падає і стає нижчим за атмосферний: повітря засмоктується в легені через повітроносні шляхи.

Під час видиху розслаблюються і діафрагма, і міжреберні м'язи. Ребра під дією сили тяжіння опускаються, а діафрагма повертається у вихідне положення. Грудна порожнина зменшується до початкових розмірів. Тиск на легені збільшується. Стає меншим об'єм альвеол та бронхів, і повітря виштовхується назовні.

Під час активного видиху до роботи додатково залучаються інші м'язи. Внутрішні міжреберні м'язи опускають ребра, м'язи черевної стінки піднімають вміст черевної порожнини, а через це й діафрагму. Відбувається примусове додаткове зменшення об'єму грудної порожнини, а отже, й об'єму легенів. З легенів виштовхується більше повітря, ніж виходить під час спокійного видиху.



Мал. 14.1. Дихальні рухи. Вдих (*а*) та видих (*б*): *1* — легені; *2* — ребра; *3* — діафрагма

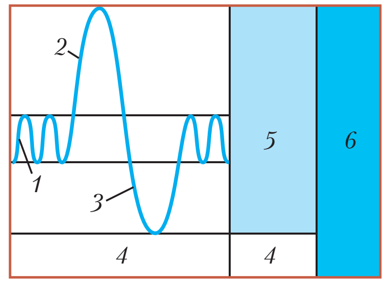
Життєва й загальна ємність легенів (мал. 14.2). Глибина дихання визначається об'ємом вдихуваного й видихуваного повітря. Під час спокійного вдиху до організму за один раз надходить близько 500 мл повітря — стільки ж повітря й видихується. Цей об'єм називають ***дихальним об'ємом легенів*** (ДО).

Після спокійного вдиху можна вдихнути ще додаткову порцію повітря, яку називають ***резервним об'ємом вдиху*** (РОВд), а після спокійного видиху

видихнути ще певну його кількість (***резервний об'єм видиху*** — РОВ).

Максимальну кількість повітря, яку можна видихнути після найглибшого вдиху, називають ***життєвою ємністю*** легенів (ЖЄЛ). Проте навіть після максимального видиху в легенях залишається близько 1500 мл повітря, яке перешкоджає повному спаданню легенів. Це так званий ***залишковий об'єм легенів*** (ЗОЛ). Отже, загальну ємність легенів (ЗЄЛ) можна розрахувати в такий спосіб:

ЗЄЛ = ДО + РОВд + РОВ + ЗОЛ = = ЖЄЛ + ЗОЛ.



Мал. 14.2. Ємність легенів:
1 — дихальний об'єм легенів;
2 — резервний об'єм вдиху;
3 — резервний об'єм видиху;
4 — залишковий об'єм легенів;
5 — життєва ємність легенів;
6 — загальна ємність легенів

Звідси можна розрахувати життєву ємність легенів ЖЄЛ:

ЖЄЛ = ДО + РОВд + РОВ.

Ці показники визначають за допомогою спеціального приладу — спірометра. За ними можна оцінити, як функціонують легені людини. У середньому життєва ємність легенів складає 3000–5000 мл, проте внаслідок фізичних тренувань вона може збільшитися на 1–2 л. У спортсменів не виникає задишки навіть під час виконання важкої роботи. Завдяки великій життєвій ємності легенів організм забезпечує себе достатньою кількістю кисню, не збільшуючи частоти дихання.

Регуляція дихання. Зазвичай ритмічне чергування вдиху й видиху відбувається мимоволі. Які регуляторні системи організму забезпечують цю ритмічність?

Спочатку з'ясуємо, як відбувається перший вдих людини. У головному мозку розташований нервовий дихальний центр, у якому є центр вдиху й центр видиху. Після народження в крові дитини накопичуються надлишки вуглекислого газу, на які реагує центр вдиху: він надсилає нервові імпульси до дихальних м'язів, а їх скорочення забезпечує вдих. Так легені вперше наповнюються повітрям — об'єм альвеол і бронхіального дерева збільшується.

Що спричиняє видих? На розтягування стінок альвеол і бронхіального дерева реагують рецептори, які в них розміщуються.

Нервові імпульси по цих нейронах надходять до центру видиху. Центр видиху надсилає до центру вдиху сигнали, що гальмують його роботу. Скорочення м'язів діафрагми й грудної клітки припиняється. Вони розслаблюються, об'єм легенів зменшується — відбувається видих.

Що спричиняє вдих? Під час видиху об'єм альвеол і дрібних бронхів зменшується, їхні стінки стискаються. Рецептори стінок повідомляють про це до центру видиху. Центр видиху припиняє гальмування центру вдиху. Під час видиху збільшується вміст вуглекислого газу в крові, й на це реагують клітини центру вдиху. Він стає до роботи, й дихальні м'язи скорочуються. Об'єм легенів збільшується — відбувається вдих. Так вдих вмикає механізм видиху, а видих — механізм вдиху.

Отже, дихання регулюється й нервовою системою, і гуморально. Гуморальний чинник є дуже важливою складовою цієї регуляції: частота дихальних рухів залежить від кількості вуглекислого газу в крові. Якщо його концентрація в крові, яка надходить до дихального центру, перевищує норму, центр вдиху збільшує частоту імпульсів, що надходять до дихальних м'язів. Дихання стає частішим і глибшим, виникає задишка, і кров насичується киснем.

1. Знайдіть на мал. 14.1 діафрагму, міжреберні м'язи, грудну порожнину. Визначте, як змінюється її об'єм під час вдиху й видиху.
2. Доповніть короткий опис механізму спокійного вдиху й видиху.
   Вдих: міжреберні м'язи й діафрагма..., об'єм легенів..., тиск у легенях... . Видих: міжреберні м'язи й діафрагма... .
3. За мал. 14.2 і текстом складіть декілька завдань на визначення показників об'єму легенів. Наприклад, розрахуйте, якою може бути загальна ємність легенів (ЗЄЛ) у людини, яка займається спортом.
4. Складіть план до частини тексту «Регуляція дихання». Запропонуйте товаришеві розповісти за ним про регуляцію вдиху й видиху.

1. Чому під час вдиху повітря надходить до легенів? **2.** Як працюють у вашому організмі дихальні м'язи під час вдиху? **3.** Що спричиняє видих? **4.** Чим ємність легенів відрізняється від їх життєвої ємності? **5.** Який гуморальний фактор бере участь у регуляції дихання? **6.** Чому дихальні рухи ритмічні? **7.** Коли тиск повітря в легенях більший за атмосферний — під час вдиху чи під час видиху?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Захворювання органів дихання і їх профілактика

Найчастіше причиною захворювань органів дихання є інфекції, які призводять до запальної реакції. Розмноженню бактерій і вірусів сприяє переохолодження організму, тому ці інфекційні захворювання часто називають ***застудними***.

Залежно від розташування осередку запалення розрізняють хвороби горла (ларингіт, фарингіт), трахеї (трахеїт), бронхів (бронхіт)

і захворювання легенів — пневмонію. Для всіх цих хвороб характерні набряк слизової оболонки органа, виділення великої кількості слизу, що спричиняє кашель, підвищення температури тіла, загальна слабкість. Найнебезпечнішою є пневмонія, яку спричиняють стрептококи, стафілококи, потрапляння в організм шкідливих речовин. У хворого підвищується температура, з'являються болі в грудях, задишка, сильний кашель.

Грип — вірусне захворювання, що передається повітряно-крапельним шляхом. Хвороба поширюється дуже швидко, можуть навіть виникнути епідемії. Симптоми грипу — підвищення температури, головний біль, нежить. Грип страшний ускладненнями (пневмонією, захворюваннями нирок тощо), тому під час епідемії слід бути обережним: не відвідувати місця, де збирається багато людей, спілкуючись із хворими, надягати марлеву пов'язку.

Тяжким захворюванням є ***дифтерія***. Її збудник проникає в слизову оболонку зіва, горла, гортані, носа й навіть очей, що призводить до утворення грубих щільних плівок і змертвіння уражених тканин, загальної інтоксикації організму. Профілактикою дифтерії є вакцинація.

Збудник ***туберкульозу*** (паличка Коха) зазвичай оселяється в легенях, рідше — в інших органах. Інфікована людина певний час не здогадується, що хвора, але вона вже заражає оточуючих. Першими симптомами туберкульозу є слабкість, блідість, стомлюваність, підвищена температура (близько 37,3 °C), схуднення. Бактерія руйнує легеневі тканини, що може призвести до смерті. Вакцинацію проти туберкульозу і проби на його наявність (проби Манту) проводять декілька разів протягом життя людини.

Бронхіальна астма — алергічне захворювання, для якого характерні періодичні напади задухи й кашлю. Їх спричиняє дія алергенів, що призводить до підвищення секреції слизу і спазму м'язів бронхіол. Поширення цієї хвороби спричиняють забруднення середовища, підвищення вмісту алергенів (консервантів, барвників) у їжі тощо.

Наша лабораторія

Дихання під водою

Дихання під час занурення з аквалангом або у водолазному костюмі відрізняється від природного. Тиск під водою вищий за атмосферний: що глибше ми занурюємося, то тиск більший. Збільшується й тиск газів в альвеолах, прискорюється їх дифузія в кров, і концентрація газів у ній підвищується.

Надлишок кисню в крові не менш шкідливий, ніж його нестача, тому акваланг заповнюють сумішшю, у якій частка кисню становить лише 5–2 % (для занурення на глибину 40–100 м). Шкідливим є й підвищення концентрації азоту в крові, яке призводить до так званого глибинного сп'яніння. Тому під час занурення глибше ніж на 60 м для дихання використовують суміш гелію з киснем.

Небезпека загрожує водолазам і аквалангістам під час швидкого підйому: різко зменшується тиск, і гази, що розчинилися в крові, повертаються до газоподібного стану, утворюються бульбашки, а це призводить до закупорки судин — емболії. Емболія великих судин спричиняє смерть, а закупорка дрібних судин — болі в усьому організмі. Це явище назвали кесонною хворобою: її вперше виявили у водолазів, які працювали на великих глибинах у спеціальних камерах, заповнених стислим повітрям,— кесонах. Загрозу виникнення кесонної хвороби зменшують, піднімаючи водолазів повільно або в барокамері, де тиск повітря регулюється.

Підсумки

Диханням називають процеси, які забезпечують надходження до організму кисню, його використання в реакціях енергетичного обміну, а також видалення з організму вуглекислого газу.

Дихальна система складається з повітроносних шляхів і легенів. Повітроносні шляхи складаються з носової порожнини, носоглотки, глотки, гортані, трахеї, бронхів. Розгалуження бронхів утворює бронхіальне дерево, у якому найменші з бронхів закінчуються альвеолами. Бронхіальне дерево й альвеоли утворюють легені.

Газообмін відбувається у легенях через епітелій альвеол. Повітря надходить у легені завдяки дихальним рухам.

Вдих і видих є взаємозв'язаними безумовними рефлексами. Частота дихання залежить від концентрації вуглекислого газу в крові, на яку реагують клітини дихального центру.

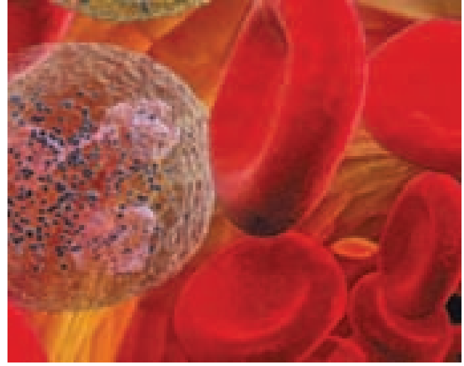
Працюємо разом

1. Підготуйте вікторину «Що ми знаємо про дихання?». Нехай кожний складе п'ять запитань на цю тему. Оберіть журі, яке визначить найцікавіші запитання. Проведіть командні змагання, нагородіть тих, чиї запитання були найкращими, й тих, хто переміг у вікторині.

2. Разом з товаришем зробіть модель голосового апарату. Спробуйте домогтися, щоб за її допомогою можна було видавати звуки.

Тема 4

Транспорт речовин



Якщо у вас болить живіт, суглоби або горло, ви звертаєтеся до лікаря. Щоб установити діагноз, він призначає вам зробити аналіз крові. Вивчивши його, лікар з'ясовує, яке у вас захворювання.

Ніхто й ніколи не бачив власного серця, проте кожний може «почути», як воно працює. Підстрибніть кілька разів і прикладіть руку до лівої частини грудної клітки: ви відчуєте глухі ритмічні удари. Ваше серце б'ється й тоді, коли ви не відчуваєте його ударів — під час відпочинку й під час сну.

Чому, досліджуючи маленьку краплинку крові з вашого пальця, лікар може зробити висновки щодо причин вашої хвороби? Що означають слова «кількість лейкоцитів підвищена, а гемоглобін знижений»? Що примушує серце безупинно працювати протягом усього життя? Чому частота його ударів може змінюватися?

На ці запитання ви зможете відповісти, вивчивши розділ «Транспорт речовин». Ви дізнаєтеся також про склад крові людини та її функції; про те, що таке лімфа і яка її роль у вашому організмі; про зсідання крові; про те, на які групи її поділяють і чому. Ви також ознайомитеся з будовою основних транспортних систем вашого організму — кровоносної та лімфатичної, з'ясуєте, якою є будова серця і як воно працює, як влаштовані судини, як здійснюється кровообіг і лімфообіг.

§15 Кров, її склад та функції. Лімфа. Внутрішнє середовище організму

Функції крові. Кров — рідка сполучна тканина організму, що виконує ***транспортну*** й ***захисну функції***.

Що транспортує кров? Кровоносні судини пронизують усі тканини організму. Кров постачає їхнім клітинам воду, продукти розщеплення поживних речовин, що всмокталися в травному тракті. Вона доставляє до органів виділення кінцеві продукти обміну, які надходять із клітин. З кров'ю переміщуються гормони й біологічно активні молекули, забезпечуючи гуморальну регуляцію організму. Кров має високу теплоємність. Вона переносить тепло від органів,

температура яких вища, до тих, де вона нижча, зберігаючи сталою температуру всередині організму.

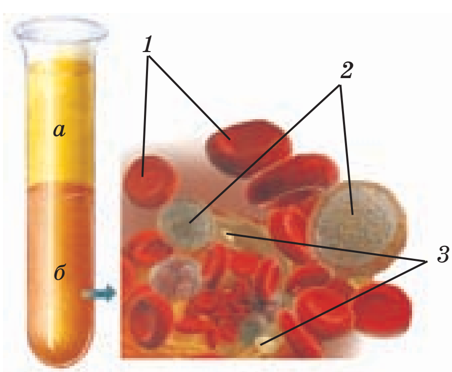
Якою є участь крові в захисті організму? У ній містяться речовини і клітини, які дають організму змогу протистояти шкідливим діям мікроорганізмів і вірусів. Здатність крові зсідатися вберігає організм від її втрат у разі ушкодження судин.

Склад крові (мал. 15.1). В організмі людини циркулює 4–6 л крові (6–8 % маси тіла). Міжклітинну речовину крові називають ***плазмою***. Додамо у пробірку з кров'ю речовину, яка запобігає її зсіданню (наприклад, гірудин). За 30–40 хв уміст пробірки розшарується на плазму крові (зверху) і її клітини, які опиняться знизу. Клітини крові називають ***форменими елементами крові***.

Плазма крові складається з води (понад 90 % маси), у якій розчинені глюкоза, амінокислоти, мінеральні солі. Нерозчинні у воді речовини (жири, деякі вітаміни, гормони) транспортуються за допомогою білків-переносників — альбуміну і глобулінів. Деякі з глобулінів виконують захисну функцію. У плазмі міститься білок фібриноген, який бере участь у зсіданні крові. Плазму, позбавлену фібриногену, називають ***сироваткою крові***.

Формені елементи крові — це клітини трьох типів: еритроцити, лейкоцити і тромбоцити. Вони становлять 40–50 % об'єму крові.

Еритроцити **(мал. 15.1)** — клітини червоного кольору, мають форму двоввігнутого диска діаметром 7–8 мкм. Вони легко перекручуються, проникаючи до капілярів діаметром у 2,5–3 мкм. Відсутність ядра полегшує деформацію клітини й дає змогу заповнити її білком гемоглобіном. Атоми Феруму в його молекулах надають речовині, а отже, й крові, червоного кольору.



Мал. 15.1. Склад крові. Плазма (*а*), формені елементи (*б*): *1* — еритроцити; *2* — лейкоцити; *3* — тромбоцити

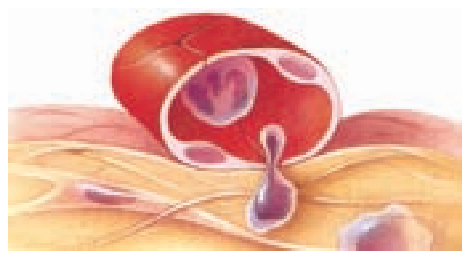
Якою є функція еритроцитів? Кисень погано розчиняється у воді, і наситити ним плазму в необхідному для організму обсязі неможливо. Тому він транспортується за допомогою еритроцитів. У капілярах легенів до них проникають молекули кисню і зв'язуються з молекулами гемоглобіну. Еритроцити, збагачені киснем, із плином крові надходять до всіх тканин. Там кисень «відщеплюється» від гемоглобіну, по-

кидає клітину, долає стінки капілярів і дифундує до міжклітинної речовини і клітин.

Еритроцити, що позбавилися кисню в тканинах, транспортують вуглекислий газ. Він дифундує до капілярів із тканин. Частина його молекул реагує з водою цитоплазми, інша частина приєднується до гемоглобіну. У капілярах легенів реакції в еритроцитах відбуваються у зворотному напрямі. Темно-червона кров, яка втратила кисень у тканинах, насичується ним і стає яскраво-червоною.

В 1 л крові здорової людини міститься 45–50 млрд еритроцитів і 120–160 г гемоглобіну.

Лейкоцитів у крові значно менше, ніж еритроцитів. Вони безбарвні й мають ядро. Лейкоцити здатні пересуватися самостійно, навіть проникати крізь стінки судин у міжклітинну речовину **(мал. 15.2)**. Завдяки цим клітинам кров виконує захисну функцію.



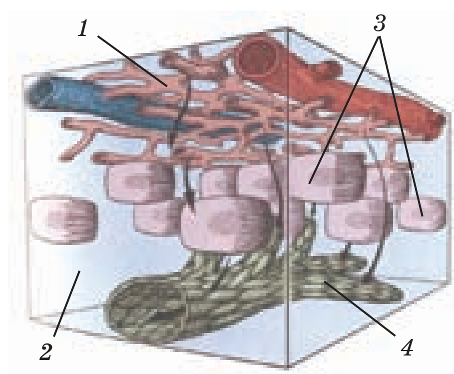
Мал. 15.2. Лейкоцит проникає крізь стінку капіляра в міжклітинну рідину

Існує кілька видів лейкоцитів — це ***фагоцити, лімфоцити, тромбоцити*** тощо. Фагоцити, як амеби, утворюють псевдоподії й захоплюють та поглинають чужорідні частинки. Цей процес називають ***фагоцитозом***. Найбільш активними з фагоцитів є моноцити.

У мембранах лімфоцитів містяться численні рецептори, які допомагають розпізнавати чужорідні для організму хімічні сполуки.

Тромбоцити (кров'яні пластинки) — пласкі без'ядерні шматочки великих клітин мегакаріоцитів, оточені мембраною. Вони мають неправильну округлу форму. Тромбоцити беруть участь у процесі зсідання крові.

Лімфа — прозора жовтувата рідина, яка міститься у лімфатичних судинах. Об'єм лімфи в організмі — 1–2 л. Вона подібна до плазми крові та складається з води, у якій є білки, зокрема фібриноген, жири, глюкоза, гормони. З клітин крові в лімфі наявні здебільшого



Мал. 15.3. Складові внутрішнього середовища просторово розділені: *1* — кровоносні капіляри; *2* — міжклітинна рідина; *3* — клітини тканини; *4* — лімфатичні капіляри

лімфоцити, а також тромбоцити. Завдяки тромбоцитам і фібриногену лімфа може зсідатися.

Внутрішнє середовище організму. Тканинна (міжклітинна) речовина, кров і лімфа утворюють ***внутрішнє середовище організму***.

Рідини внутрішнього середовища просторово розділені в організмі **(мал. 15.3)**: кров тече кровоносними, лімфа — лімфатичними судинами, а тканинна рідина заповнює міжклітинний простір. Проте між ними існує тісний взаємозв'язок.

Капіляри крові є своєрідними фільтрами: через них просочуються складові плазми і проникають лейкоцити. Так утворюється міжклітинна рідина. Міжклітинна рідина є ланкою, що пов'язує кров з клітинами організму. З міжклітинної рідини до клітин надходять необхідні їм речовини, а з клітин у міжклітинну рідину видаляються продукти метаболізму, зокрема й кінцеві (наприклад, вуглекислий газ). Частина міжклітинної рідини збирається в лімфатичних капілярах, утворюючи лімфу.

За добу в організмі людини утворюється близько 1,5 л лімфи. Що активніше працює орган, то більше лімфи в його лімфатичних судинах. Чому? Під час інтенсивної роботи органа в його клітинах посилюється енергетичний обмін. У цих реакціях утворюється багато води й інших продуктів метаболізму. Потрапляючи в міжклітинний простір, вони збільшують об'єм тканинної рідини. Проте надлишок тканинної рідини не потрапляє до кров'яного русла. Кров'яний капіляр улаштований так, що кількість рідини, яка надходить до нього, не перевищує ту, яка з нього вийшла. Тому надлишки тканинної рідини відводяться в судини лімфатичної системи.

1. Розташуйте слова в послідовності, у якій вони трапляються в тексті. *Еритроцити, альбумін і глобуліни, фагоцити, транспортна функція, лімфоцити, захисна функція, склад крові, плазма, формені елементи, фібриноген, лейкоцити, фагоцитоз, тромбоцити.*
   Порівняйте свою роботу з роботою товариша, звірте їх із текстом параграфа.
2. Назви формених елементів крові походять від грецьких слів. Перекладіть їх буквально українською, якщо *еритрос* означає «червоний», *кітос* — «клітина», *тромбос* — «згусток», *фагос* — «пожирач», *лейкос* — «білий». Обговоріть із товаришем, як пов'язані назви клітин крові з їхніми ознаками або функціями.
3. Виокремте в тексті опис процесів, що характеризують взаємозв'язок між складовими внутрішнього середовища (мал. 15.3). З'ясуйте:
   а) на яких фізико-хімічних явищах ґрунтується цей взаємозв'язок;
   б) яку роль відіграє лімфа в процесах, що відбуваються в організмі.

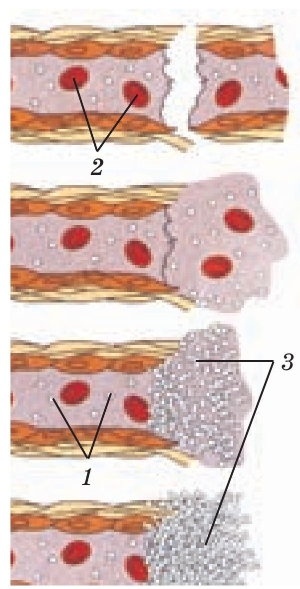
1. Які функції виконує кров у вашому організмі? **2.** Які речовини містяться в плазмі крові, яка їхня роль? **3.** Охарактеризуйте склад формених елементів крові. **4.** Яким є біологічне значення білка гемоглобіну, де він міститься? **5.** Як здійснюється фагоцитоз? **6.** Чому тромбоцити називають кров'яними пластинками? **7*.** Чим відрізняється склад венозної та артеріальної крові? **8*.** Який біологічний сенс має явище фагоцитозу в найпростіших, яким він може бути у клітин крові?

§ 16 Зсідання крові. Групи крові та переливання крові

Ви помічали: якщо поріжеш палець, зазвичай кров перестає текти через 3–5 хв, а на місці ранки утворюється кров'яний згусток. Він запобігає втраті крові й перешкоджає проникненню в організм шкідливих мікроорганізмів. Яким є механізм припинення кровотечі?

Система зсідання крові (гемостазу). Причиною зупинки кровотечі під час ушкодження кровоносної судини є зсідання крові (***коагуляція***). Це комплекс реакцій, у яких беруть участь тромбоцити, стінки судин і фактори зсідання — певні білки, що містяться в плазмі крові.

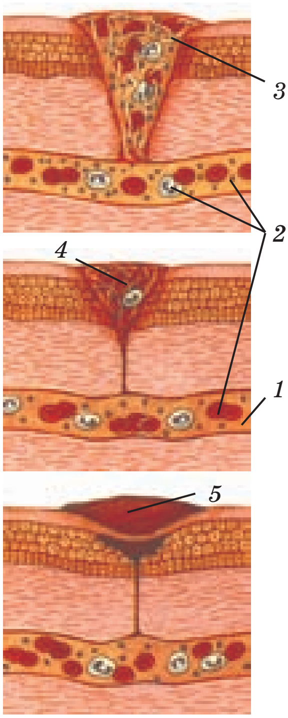
У відповідь на біль, який виникає через поріз пальця, у кров надходять речовини, що спричиняють різке звуження пошкодженої судини. Крововтрата швидко зменшується. Тромбоцити прилипають до країв рани і «склеюються», утворюючи згусток — ***тромбоцитарний тромб*** (**мал. 16.1**). Він закупорює капіляр, і кровотеча припиняється.



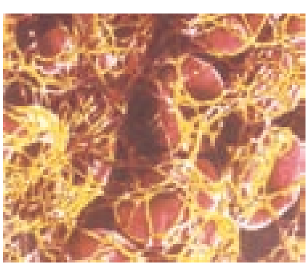
Мал. 16.1. Утворення тромбоцитарного тромбу в кровоносній судині: *1* — тромбоцити; *2* — еритроцити; *3* — тромбоцитарний тромб

Проте під час травми артерії або вени такий тромб не зупинить кровотечу: він вимивається сильним потоком крові. На допомогу тромбоцитам приходять фактори зсідання крові. Ці білки синтезуються в печінці й завжди наявні в крові, перебуваючи в неактивному стані.

Що відбувається під час ушкодження великих судин? Клітини травмованих тканин викидають у кров білок тромбопластин, який впливає на тромбоцити й фактори зсідання. Тромбоцити руйнуються й виділяють речовини, що сигналізують: слід негайно розпочинати процес зсідання крові (**мал. 16.2**). У плазмі запускається ланцюг хіміч-



Мал. 16.2. Утворення фібринового тромбу під час загоєння рани шкіри:
1 — кровоносна судина;
2 — формені елементи крові; *3* — нитки фібрину; *4* — фібриновий згусток; *5* — струп



Мал. 16.3. Еритроцити в нитках фібрину

них реакцій, у які включаються фактори зсідання. На останньому етапі білок фібриноген, розчинений у плазмі, перетворюється на нерозчинний білок фібрин. Нитки фібрину склеюються, утворюючи сітку: у ній застрягають формені елементи крові **(мал. 16.3)**. Так формується ***фібриновий тромб***, який щільно закупорює рану і стінку пошкодженої судини. На поверхні рани утворюється кірка з крові, що зсілася. Підсихаючи, вона перетворюється на струп.

Що відбувається з фібриновим тромбом у разі, якщо він закупорив просвіт судини? Через деякий час за участю певних речовин плазми крові починається процес руйнування тромбу (***фібриноліз***). Завдяки фібринолізу в судині після припинення кровотечі відновлюється кровообіг.

Недостатність будь-якого фактора зсідання може призвести до значної крововтрати: навіть невелика ранка загрожує життю людини. Порушення механізму зсідання крові спричиняють гемофілію — спадкову хворобу, на яку страждають лише чоловіки. Жінки на гемофілію не хворіють, але передається вона по материнській лінії.

Антикоагулянтна система. Чому ж за звичайних умов кров у судинах не зсідається? У нормі судини всередині гладко вистилає епітелій, і кров безперешкодно тече по них. Поки тромбоцити крові не руйнуються, з тканин до крові не надходить тромбопластин. Крім того, кров містить антикоагулянти (гепарин, антитромбін тощо) — речовини, що блокують активність факторів зсідання, запобігаючи утворенню тромбу в кров'яному руслі.

Формування тромбів можуть спричинити хімічні пошкодження внутрішньої поверхні судин, що виникають унаслідок деяких захворювань. З травмованої судини до крові потрапляє тромбопластин, і система гемостазу активується. Як організм протистоїть тромбоутворенню в таких випадках? До справи стає антикоагулянтна система. Вміст антикоагулянтів у крові збільшується, й утворення тромбу призупиняється. Система

зсідання крові й антикоагулянтна система діють у протилежних напрямках, підтримуючи сталість руху крові в судинах.

Проте людина може сама порушити баланс між дією системи гемостазу й антикоагулянтної системи. Постійне вживання гострої і жирної їжі, часті нервові перенапруження призводять до регулярних хімічних пошкоджень стінок судин. Надходження тромбопластину в кров збільшується, й антикоагулянтна система не може впоратися з проблемами, що виникли в судинах. Тоді на допомогу приходять ліки-антикоагулянти: аспірин, синтетичний гепарин тощо.

Групи крові й резус-фактор. Чи завжди можливе переливання крові однієї людини (донора) іншій (реципієнту)? Відповідь на це запитання є заперечною: під час змішування крові різних людей можлива аглютинація — склеювання еритроцитів. Вони закупорюють капіляри і швидко руйнуються, спричиняючи зсідання крові в судинах і, як наслідок, загибель реципієнта.

На мембранах еритроцитів можуть міститися білки ***аглютиногени*** двох видів — А і В, а в плазмі крові — два види білків ***аглютинінів*** (α ***і*** β). У крові людини аглютиногени й аглютиніни наявні лише в одній із чотирьох комбінацій. За цією ознакою виділяють групи крові **(табл. 4)**.

Аглютинація відбувається, якщо внаслідок переливання в крові реципієнта опиняються одноймені аглютиногени й аглютиніни (А і α або В і β). Саме внаслідок дії аглютинінів еритроцити з відповідними їм аглютиногенами склеюються. Таке стається, якщо, наприклад, реципієнту з ІІ групою крові перелити від донора кров ІІІ групи. У такому разі в крові реципієнта будуть наявні еритроцити з аглютиногенами А і В водночас із аглютинінами α і β, що призведе до аглютинації (склеювання еритроцитів).

Отже, переливати кров можна лише в разі, якщо групи крові донора й реципієнта збігаються.

Проте серед аглютиногенів є такий різновид, що не належить до груп крові, зазначених у **табл. 1**.

На мембранах еритроцитів у макак з групи резусів було виявлено різновид аглютиногенів, який не належить до груп, зазначених у табл. 4. Його назвали резус-фактором (Rh-фактором). Виявилося, що 85 % людей європеоїдної раси також мають резус-фактор, тобто є резус-позитивними, інші 15 % — резус-негативні. Якщо перелити резус-позитивну кров людині, яка не має резус-фактора, у її крові утворяться антитіла проти донорської крові. Повторне переливання резус-позитивної крові такому реципієнтові загрожує важкими ускладненнями й навіть смертю.

Таблиця 4. Групи крові людини

Білки	I група	II група	III група	IV група
Аглютиногени	відсутні	А	В	А і В
Аглютиніни	α і β	β	α	відсутні

Відповідно до сучасних вимог, донорська кров повинна мати не тільки ту саму групу, а й той самий резус, що в реципієнта. Тому під час кожного переливання фахівці тестують кров донора й реципієнта на сумісність.

Група крові й резус-фактор є успадкованими ознаками. Це означає, що протягом життя група й резус змінитися не можуть.

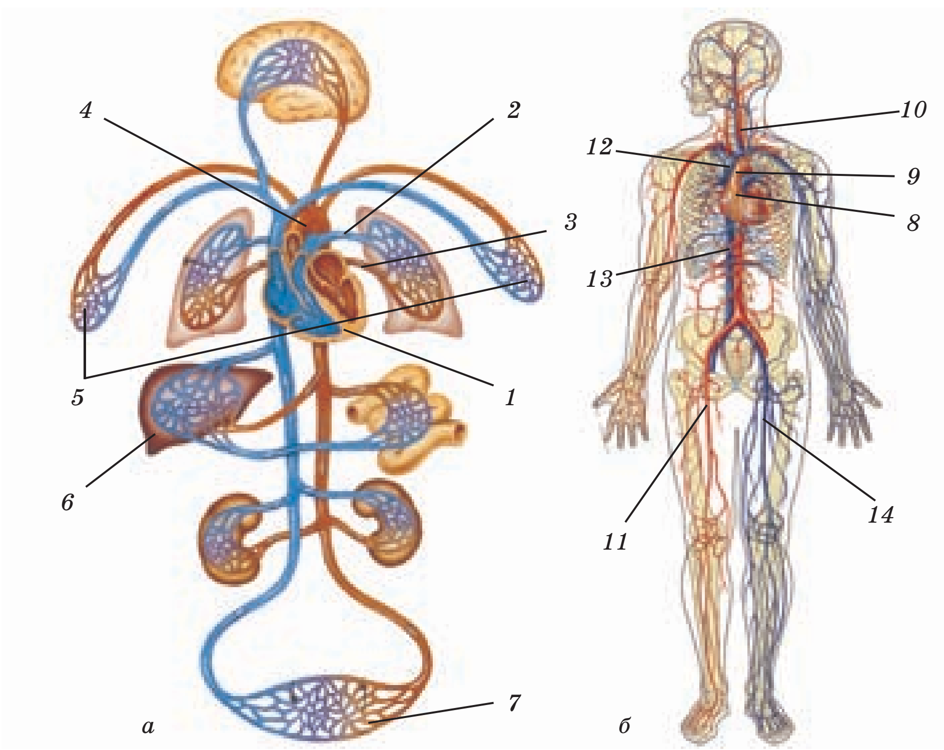
1. За допомогою ключових слів опишіть послідовність подій під час утворення тромбоцитарного й фібринового тромбів: біль — судинозвужувальні речовини — склеювання...
2. Перевірте за текстом, які з тверджень правильні: *завдання системи фібринолізу — відновити кровообіг після припинення кровотечі; утворення тромбу активує систему фібринолізу; у крові завжди наявні й фактори зсідання, й антикоагулянти.* З'ясуйте, чи згоден з вами ваш товариш.
3. Придумайте три запитання до частини тексту «Групи крові й резус-фактор». Поставте їх товаришу, нехай він знайде відповіді в тексті.

1. Назвіть основні компоненти системи гемостазу. **2.** У чому полягає відмінність між тромбоцитарним і фібриновим тромбами? **3.** Якою є причина гемофілії? **4.** Яка система крові протистоїть утворенню тромбу в разі хімічного пошкодження судин? **5.** Де в крові містяться білки аглютиногени, де — білки аглютиніни? **6.** Які комбінації аглютиногенів і аглютинінів можуть спричинити загибель людини внаслідок переливання крові? **7.** Чому не можна переливати резус-негативному реципієнту кров резус-позитивного донора? **8*.** Чому фактори зсідання завжди наявні в крові, а не синтезуються в момент ушкодження судини? **9*.** Термін *коагуляція* походить з латини: *коагуло* — «спричиняю згущення». Поясніть походження терміна *антикоагулянт*.

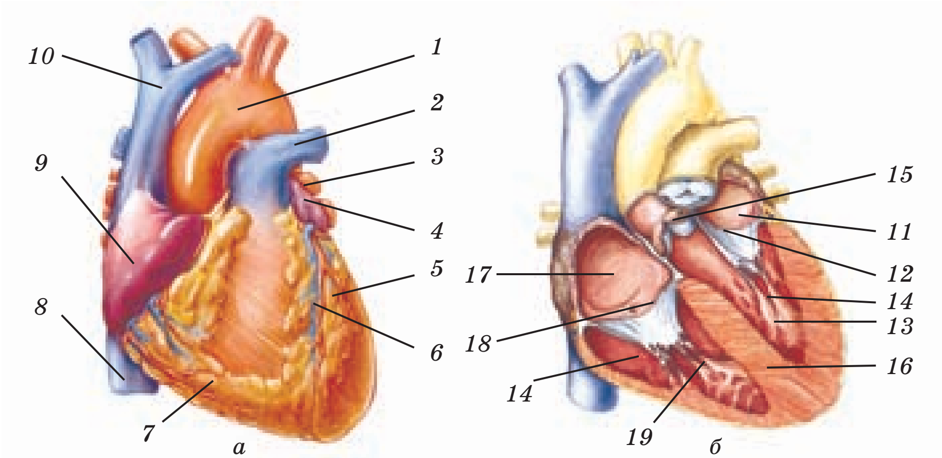
§17 Система кровообігу. Серце: будова та функції

Пригадаймо: кров виходить із серця по артеріях, а повертається до нього по венах. Як і в усіх ссавців, серце людини чотирикамерне: і в лівій, і в правій його частинах розміщуються передсердя й шлуночок **(мал. 17.1)**.

Будова системи кровообігу. За яким маршрутом переміщується кров, циркулюючи кровоносною системою? Від правого шлуночка відходить велика легенева артерія, по якій кров прямує до легенів.



Мал. 17.1. Схема системи кровообігу (*а*): *1* — серце. Мале коло кровообігу: *2* — легенева артерія; *3* — легеневі вени. Велике коло кровообігу: *4* — аорта; *5* — судини верхніх кінцівок; *6* — судини печінки; *7* — судини нижніх кінцівок. Серце й найбільші артерії і вени великого кола кровообігу (*б*): *8* — серце; *9* — аорта; *10* — сонна артерія; *11* — стегнова артерія; *12* — верхня порожниста вена; *13* — нижня порожниста вена; *14* — стегнова вена



Мал. 17.2. Зовнішній вигляд серця (*а*): *1* — аорта; *2* — легенева артерія; *3* — легеневі вени; *4* — ліве передсердя; *5* — лівий шлуночок; *6* — коронарні судини; *7* — правий шлуночок; *8* — нижня порожниста вена; *9* — праве передсердя; *10* — верхня порожниста вена. Внутрішня будова серця (*б*): *11* — ліве передсердя; *12* — двостулковий клапан; *13* — лівий шлуночок; *14* — сухожильні нитки; *15* — півмісяцеві клапани; *16* — перегородка; *17* — праве передсердя; *18* — тристулковий клапан; *19* — правий шлуночок

Ця артерія багаторазово розгалужується, і густа мережа капілярів обплітає альвеоли. Рухаючись ними, кров звільнюється від вуглекислого газу й насичується киснем. Збагачену киснем кров називають артеріальною. Капіляри легенів, по яких далі рухається артеріальна кров, збираються в більші судини, які зливаються у вени. По чотирьох легеневих венах артеріальна кров надходить до серця — до лівого передсердя. Систему судин, по яких кров рухається від правого шлуночка серця до його лівого передсердя, проходячи легеневими артеріями, капілярами й венами, називають ***малим колом кровообігу***.

У серці артеріальна кров з лівого передсердя надходить до лівого шлуночка, а з нього — до великої артерії, яку називають ***аорта***. Аорта розгалужується, й артеріальна кров по менших артеріях прямує до всіх частин тіла: голови, тулуба, верхніх і нижніх кінцівок. Рухаючись по капілярах, розташованих у тканинах усіх органів, артеріальна кров віддає кисень тканинам і збагачується вуглекислим газом, тобто стає венозною. З капілярів венозна кров надходить до вен. По венах, що містяться в тулубі, нижніх кінцівках, органах черевної порожнини, вона рухається до ***нижньої порожнистої вени***. Венозна кров з вен голови, шиї, верхніх кінцівок потрапляє до ***верх-***

ньої порожнистої вени. Ці дві вени впадають у праве передсердя, з нього кров потрапляє у правий шлуночок. Так завершується рух крові по ***великому колу кровообігу.***

Циркулюючи організмом, кров по черзі переходить із великого до малого кола кровообігу. У великому колі по артеріях тече артеріальна кров, збагачена киснем, а по венах — венозна, насичена вуглекислим газом. До артерій малого кола надходить венозна кров, а по його венах рухається артеріальна. На відміну від яскраво-червоної артеріальної крові, венозна кров темно-червона. Час, за який кров проходить малим колом кровообігу, становить 4–4,5 с, а великим колом — 20–23 с.

Функції і будова серця. Серце людини розташоване в лівій частині грудної клітки й має форму конуса **(мал. 17.2 а).** Маса серця дорослої людини — 270–300 г. Мережа ***коронарних судин***, яка обплітає серце, постачає кров його тканинам. По цих судинах у дорослої людини протікає близько 500 л крові за добу. Які функції виконує серце в системі кровообігу, як пов'язана з ними його будова?

Серце — це перехрестя, де змінюється «траса», якою рухається кров. Його порожнину розділяє суцільна перегородка, яка перешкоджає змішуванню венозної й артеріальної крові.

Щоб кров циркулювала кровоносною системою, серце працює, як насос. Як цей живий насос **(мал. 17.2 б)** улаштований? Передсердя і шлуночок кожної частини серця сполучені отворами, у яких є клапани. Клапан у лівій частині серця складається з двох стулок, його називають ***двостулковим.*** Клапан у правій частині — ***тристулковий.*** Клапани з'єднані з внутрішньою поверхнею шлуночка сухожильними нитками й відкриваються лише в один бік, коли кров із передсердя надходить до шлуночка. В отворах, якими починаються артерії, також є клапани — їх називають ***півмісяцевими.*** Вони схожі на кишеньки, вільний край яких відкритий у просвіт судин. Ці клапани заповнюються, відкриваючись лише під час скорочення шлуночків. Система клапанів серця перешкоджає зворотному плину крові зі шлуночків до передсердь і з артерій — у шлуночки.

Рух крові відбувається завдяки тиску, що виникає внаслідок скорочення серцевого м'яза — ***міокарда.*** Він утворений особливою м'язовою тканиною — її м'язові волокна розгалужуються і формують складну мережу. Волокна серцевого м'яза контактують між собою, проводячи електричні імпульси.

Ізсередини міокард вистелений епітелієм — ***ендокардом***, а зовні вкритий ***епікардом***, утвореним сполучною тканиною. Гладенький ендокард сприяє протіканню крові, а епікард виконує захисну функцію.

Додатковий захист серцю забезпечує навколосерцева сумка зі сполучної тканини — ***перикард***. Порожнина між ним і епікардом заповнена рідиною, яка запобігає тертю під час серцевих скорочень.

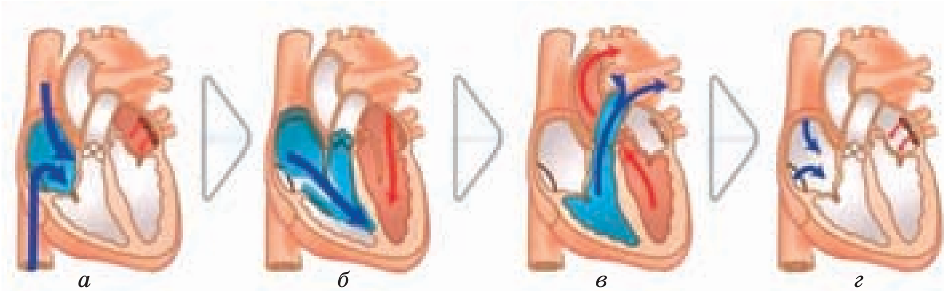
1. Покажіть на мал. 17.1а, як рухається кров по малому колу кровообігу, назвіть його великі судини, знайдіть їх на мал. 17.1б. Запропонуйте товаришеві перевірити вас за текстом і показати, як переміщується кров по великому колу кровообігу.
2. Розгляньте мал. 17.2, закрийте його і спробуйте, користуючись лише текстом, намалювати схему будови серця. Запропонуйте товаришеві показати на ній складові серця і маршрут, за яким у ньому переміщується кров.
3. Перекладіть із грецької мови назви оболонок серця, користуючись таким «словничком»: *кардіа* — серце; *міос* — м'яз; *ендон* — усередині; *епі* — зверху; *пері* — обіч, навколо. Знайдіть у тексті опис кожної з оболонок.

1. По яких судинах кров тече зі шлуночків; надходить до передсердь? **2.** Чому по артеріях малого кола кровообігу тече венозна кров? **3.** Назвіть функції кожного з кіл кровообігу і їх окремих судин. **4.** До якого кола кровообігу належать судини головного мозку? **5.** Із тканин яких типів утворені міокард, ендокард, епікард, перикард? **6*.** Якими є наслідки порушення роботи серцевих клапанів? **7*.** Чи має серце власне коло кровообігу?

§18 Робота серця

Серцевий цикл. Кров рухається судинами завдяки скороченням серця, які чергуються з його розслабленнями. Скорочення серцевого м'яза називають ***систолою***, а розслаблення — ***діастолою***. Систола й діастола разом складають серцевий цикл. У серцевому циклі три фази: систола передсердя (0,1 с), систола шлуночків (0,3 с) і спільна пауза — діастола (0,4 с). Один цикл триває 0,8 с (за частоти серцевих скорочень 75 уд./хв).

Серцевий цикл **(мал. 18.1)** починається систолою передсердь. Скорочення обох передсердь відбуваються одночасно: стулкові клапани відкриваються, і кров перетікає до шлуночків. Слідом іде систола обох шлуночків. Тиск крові в шлуночках збільшується, стулкові клапани закриваються. Кров відкриває півмісяцеві клапани і прямує в артерії. Тиск у шлуночках знижується, а в артеріях підвищується. Півмісяцеві клапани закриваються, перешкоджаючи зворотному руху крові.

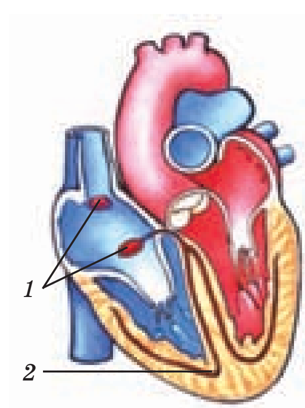


Мал. 18.1. Серцевий цикл. Наповнення передсердь кров'ю (*а*); систола передсердь (*б*); систола шлуночків (*в*); спільна діастола (*г*)

Після систоли настає діастола. Розслаблюючись, серцевий м'яз відновлює працездатність. Під час діастоли двостулковий і тристулковий клапани відкриті, і кров вільно тече з вен у передсердя й частково в шлуночки. За діастолою знову йде систола передсердя, і серцевий цикл повторюється.

Основні показники роботи серця. Частота серцевих скорочень (ЧСС) у дорослої людини в стані спокою становить близько 70 уд./хв. Об'єм крові, який викидається з кожного шлуночка під час систоли, називають ударним, або систолічним, об'ємом крові (СОК). У дорослих він зазвичай дорівнює 60–80 мл.

За ЧСС і СОК можна визначити хвилинний об'єм крові (ХОК). У дорослої людини в стані спокою ХОК коливається в межах 4,9–5,6 л. Легко підрахувати, що за добу серце перекачує близько 10 тис. л крові. Під час фізичних навантажень унаслідок збільшення частоти серцевих скорочень ХОК збільшується в 4–5 разів. У людей, що займаються спортом, він досягає 30–40 л/хв. ХОК є одним із найважливіших показників стану серця. Систематичні тренування підвищують працездатність серця. Це відбувається завдяки розвитку серцевого м'яза.



Мал. 18.2. Система автоматії серця: *1* — водії ритму; *2* — провідні пучки

Регуляція серцевого ритму. Ще в XIX ст. учені з'ясували, що ізольоване серце тварини, яке помістили в живильне середовище, скорочується ще тривалий час. Цю здатність зберігає й ізольоване серце людини. Отже, у серце «вбудовано» власне джерело збудження серцевого м'яза, яке називають системою автоматії серця **(мал. 18.2)**. Це видозмінені м'язові клітини, які не скорочуються,

проте мають здатність генерувати ритмічні електричні імпульси. Два скупчення цих клітин, так звані водії ритму, розташовані в правому передсерді. Саме в них виникають імпульси, що передаються до інших клітин системи автоматії (провідних пучків), а потім охоплюють усі волокна міокарда. Отже, розпочинають серцевий цикл скорочення передсердь. Під впливом системи автоматії серце скорочується із частотою 60–70 уд./хв.

Кожний відчував, як сильно й часто б'ється серце під час бігу. Чому? Інтенсивна робота м'язів супроводжується великими енергетичними витратами, отже, м'язові клітини потребують більше кисню й глюкози. Має збільшитися й видалення шкідливих продуктів метаболізму. Тому кровоплин посилюється, зокрема і через збільшення частоти скорочень серця. Так серце реагує на потреби, що виникли в організмі.

Який механізм цієї реакції? Що інтенсивніше працюють м'язи, то швидше рухається кров по венах, наповнюючи серце. Що більше крові до нього надходить, то сильніше розтягується й скорочується серцевий м'яз. Так серце самотужки регулює свою роботу. Цей механізм отримав назву ***«закон серця»***.

Від скелетних м'язів по чутливих нейронах у нервові центри спинного й головного мозку постійно надходять нервові імпульси. Під час активної роботи м'язів ці сигнали змінюються. Нервові центри активуються і по нейронах-ефекторах передають до міокарда команди, що спричиняють збільшення ЧСС. Щойно інтенсивна робота м'язів припиняється, сигнал про це надходить до нервових центрів, а від них — до серця, і частота серцевих скорочень зменшується. У такий спосіб роботу серця регулює нервова система.

Серцева діяльність регулюється і гуморально. Під час візиту до стоматолога наше серце поводиться, як під час бігу. Збільшення ЧСС є наслідком впливу гормона адреналіну на міокард. Його виробляють надниркові залози під час емоційного напруження. Діяльність серця залежить і від кількості в крові йонів Калію й Кальцію. Збільшення вмісту Калію в крові пригнічує, а Кальцію — посилює роботу серця.

1. Доповніть за текстом короткий конспект повідомлення про серцевий цикл:
   систола + діастола = …; серцевий цикл = …; передсердя + … + … = …
2. Знайдіть у тексті опис показників роботи серця. Розрахуйте їх у стані спокою й під навантаженням. З'ясуйте, у кого з вас серце потужніше.
3. Перевірте за текстом, чи є в наведеному описі автоматії серця помилки.

Автоматія — здатність серця ритмічно скорочуватися під дією імпульсів, які виникають у ньому. Джерела самозбудження серця розміщені в міокарді. Частота таких збуджень становить 120 уд./хв.

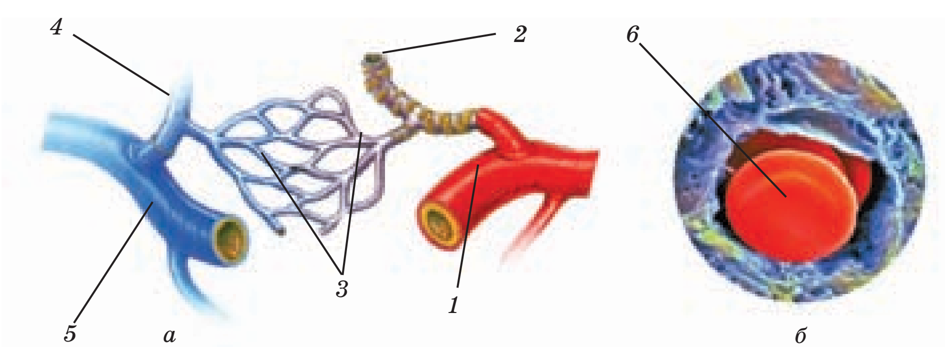
4. Скористайтеся текстом і поясніть товаришеві, які регуляторні механізми примушують його серце «вискакувати з грудей», коли він біжить угору.

1. Продовжте речення: «Серцевим циклом називають...». **2.** Чому скорочення серця починається із систоли передсердь? **3.** Чому під час систоли кров не повертається до передсердь? **4.** Яким є біологічне значення діастоли? **5.** За яких умов тривалість серцевого циклу може змінюватися? **6.** Чому СОК і ХОК є сталими величинами? **7*.** Які фізіологічні системи беруть участь у регуляції серцевого ритму? **8*.** Скільки разів на добу повторюється серцевий цикл у вашому організмі?

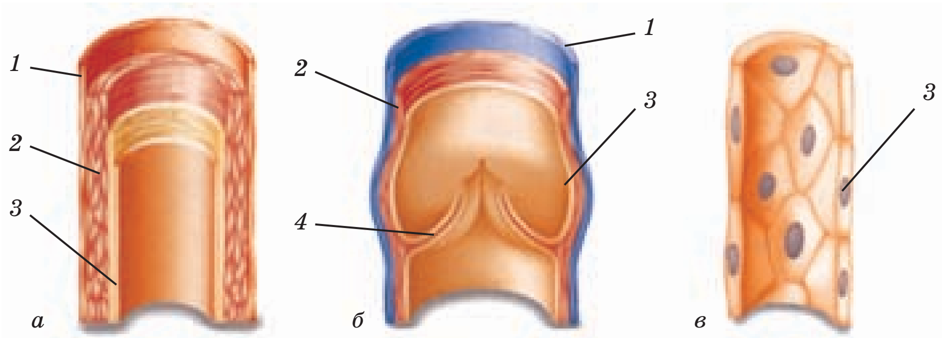
§19 Будова та функції кровоносних судин. Рух крові. Лімфообіг

Будова кровоносних судин. Кровоносні судини — порожнисті трубки різного діаметра, які пронизують усе наше тіло. За функціями їх поділяють на артерії, вени й капіляри (**мал. 19.1**).

Діаметр найбільшої артерії (***аорти***) — близько 1,5 см. Вона розгалужується на артерії меншого діаметра, що розташовані в тілі симетрично. У кожній половині тіла є сонна, підключична, клубова артерії тощо. Від них гілки судин відходять до кісток, м’язів, суглобів, внутрішніх органів. Найдрібніші артерії називають ***артеріолами***, з них кров надходить до мережі капілярів. Діаметр капілярів — 5–20 ммк, їх видно лише в мікроскоп. Капіляри зливаються



Мал. 19.1. Кровоносні судини (*а*) і просвіт капіляра (*б*): *1* — артерія; *2* — артеріола; *3* — капіляри; *4* — венула; *5* — вена; *6* — еритроцит



Мал. 19.2. Будова артерії (*а*), вени (*б*), капіляра (*в*): *1* — шар сполучної тканини; *2* — м'язовий шар; *3* — епітеліальний шар; *4* — клапани

у найдрібніші вени — ***венули***. Вони об'єднуються й утворюють вени, які також розташовані двобічно-симетрично.

Як пов'язана будова судин з їхніми функціями? Стінки артерій і вен тришарові **(мал. 19.2 а, б)**. Зовнішній шар — пухка сполучна тканина. Середній шар — це гладенька м'язова тканина. У ній розміщуються нервові закінчення нейронів, що беруть участь у регуляції роботи м'язових клітин. Їх скорочення звужує просвіт судин. Гладка внутрішня поверхня судин утворена одним шаром клітин епітелію.

М'язовий шар в артеріях добре розвинений. Завдяки еластичності й пружності вони витримують високий тиск крові, що виштовхується серцем, і сприяють її просуванню по судинах. У венах м'язовий шар тонший, їхні стінки менш пружні. На внутрішній поверхні вен є клапани, що перешкоджають зворотному руху крові. Стінки капілярів складаються з одного шару епітеліальних клітин. Через нього відбувається обмін речовинами між кров'ю і тканинами **(мал. 19.2 в)**. Що інтенсивнішим є метаболізм у клітинах органа, то густіша капілярна мережа в ньому. У стінках артеріол у місцях їх розгалуження на капіляри розташовані скупчення м'язових клітин. Скорочуючись, вони звужують просвіт судин і регулюють просування крові до капілярів.

Рух крові по артеріях. Рух крові по судинах зумовлений тиском, який створює серце завдяки скороченням міокарда. Під час діастоли тиск крові в аорті дорівнює 90–100 мм рт. ст. Систолічний тиск крові в лівому шлуночку вищий — 140–150 мм рт. ст. Під таким тиском кров і викидається із серця. Під час просування крові судинами її тиск знижується: в артеріях — до 120–130 мм рт. ст., а в капілярах — до 30 мм рт. ст. Ще нижчий тиск крові у венах. Отже, відповідно до законів фізики, кров рухається від артерій до вен.

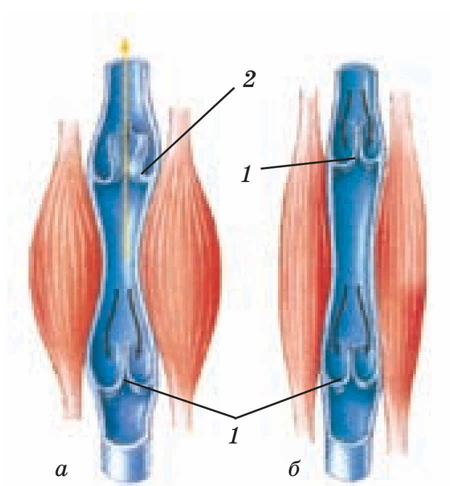
Чому кров тече по судинах безперервно, хоча серце викидає її в аорту порціями? У момент систоли шлуночків аорта розтягується, щоб вмістити чергову порцію крові. Її пружні стінки набувають максимуму потенціальної енергії. Після завершення систоли стінки аорти повертаються до вихідного стану, і набута потенціальна енергія перетворюється на кінетичну енергію руху крові. Запасу енергії, отриманої аортою під час систоли, вистачає на те, щоб рух крові не припинявся протягом діастоли.

У момент розширення аорти в її стінці виникають механічні коливання. Вони поширюються в стінках усіх судин аж до найдрібніших артеріол і затухають лише в капілярах. Ритмічні коливання в стінках артерій, що виникають під час систоли, називають артеріальним пульсом. Пульс можна промацати там, де артерії лежать ближче до поверхні тіла: на тильному боці зап'ястка, боковій поверхні шиї. У дорослої людини в стані спокою частота пульсу дорівнює 60–70 уд./хв, що є показником частоти скорочень серця.

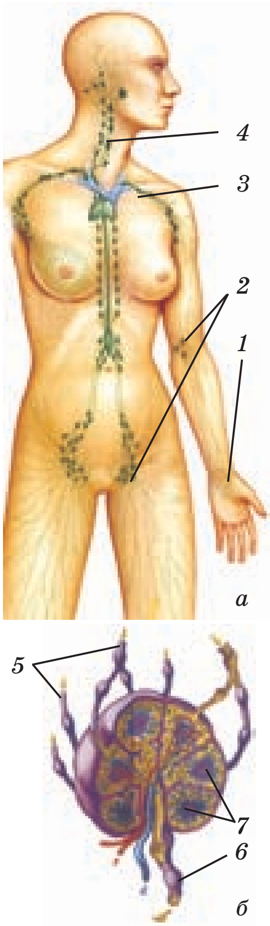
Рух крові по венах. Важливу роль у русі крові по венах відіграють скелетні м'язи, які оточують більшість цих судин. Скорочуючись, м'язи проштовхують кров по венах і доправляють її до правого передсердя. Зворотному плину крові перешкоджають клапани у венах. Цей механізм зумовлює рух крові проти сили тяжіння, наприклад, з ніг до серця **(мал. 19.3)**.

Швидкість руху крові. Унаслідок безперервності руху крові об'єм крові, що протікає за одиницю часу аортою й капілярами, є однаковим. Проте просвіт аорти в 700 разів менший за площею, ніж сумарний просвіт капілярів великого кола кровообігу. Що більша площа просвіту судини, то менша швидкість руху крові, тому артерією кров рухається швидше, ніж капілярами. Середня швидкість кровоплину в аорті — близько 500 мм/с, в артеріях — 210 мм/с, у капілярах — 0,3 мм/с. Повільний плин крові в капілярах сприяє обміну речовинами між тканинами й кров'ю.

Лімфообіг. Лімфатична система складається із судин і лімфатичних вузлів **(мал. 19.4)**. Лімфатичними ка-



Мал. 19.3. Рух крові по венах під час скорочення (*а*) і розслаблення (*б*) скелетних м'язів: *1* — клапани закриті; *2* — клапан відкритий



Мал. 19.4. Лімфатична система (*а*) і лімфатичний вузол (*б*): *1* — лімфатичні судини; *2* — лімфатичні вузли; *3* — лімфатична судина, що впадає в підключичну вену; *4* — мигдалики; *5* — лімфатичні судини, по яких лімфа надходить до вузла; *6* — лімфатичні судини, по яких лімфа витікає з вузла; *7* — центри дозрівання лімфоцитів

пілярами пронизані всі тканини, окрім кісткової, нервової та поверхневих шарів шкіри. Лімфатичні капіляри з одного боку замкнені. Зливаючись, вони утворюють судини більшого діаметра. Численними лімфатичними судинами лімфа надходить до двох найбільших судин, які відкриваються в підключичну вену великого кола кровообігу. Так лімфатична система сполучає міжклітинний простір із кровоносною системою, і складові внутрішнього середовища стають єдиним цілим.

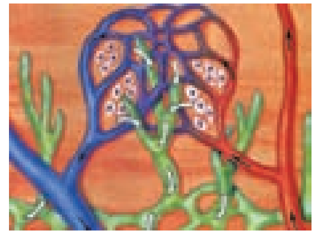
Рухається лімфа **(мал. 19.5)** завдяки скороченню гладеньких м'язів стінок судин і скелетних м'язів. Лімфатичні судини мають клапани, що запобігають зворотному руху лімфи. Швидкість переміщення лімфи невелика — 0,005 мм/с.

У лімфатичних судинах поодинці або великими скупченнями розміщуються лімфатичні вузли. Це біологічні фільтри, утворені сполучною тканиною, складові імунної системи організму. Між її клітинами містяться фагоцити, які очищують лімфу від решток загиблих клітин і мікроорганізмів. У лімфатичних судинах і вузлах розміщуються лімфоцити, які з потоком лімфи надходять у кров. Найбільше лімфатичних вузлів в органах травної та дихальної систем. Хворіючи на ангіну, ви відчували, як збільшуються піднебінні мигдалики — скупчення лімфоїдної тканини під нижньою щелепою. Якщо інфекція проникає до дихальних шляхів, у мигдаликах збільшується кількість лімфоцитів та об'єм лімфи.

Лімфатичні капіляри кишечника беруть участь в обміні жирів, виконуючи роль депо. У них накопичуються компоненти жирів (гліцерин, жирні кислоти), які утворюються під час травлення, і малими порціями з потоком лімфи потрапляють у кров.

1. Доповніть за текстом схему руху крові по судинах. *Артерії — ... — капіляри — ... — ... .*
2. Обговоріть, чи є помилки в наведених твердженнях: *Стінки артерій складаються з двох шарів тканин — м'язової та епітеліальної; внутрішня по-*

верхня всіх судин має клапани, які сприяють плину крові в одному напрямку; стінки капілярів складаються з одного шару епітелію.



Мал. 19.5. Рух лімфи в лімфатичних капілярах

3. Проаналізуйте текст і з'ясуйте, чому саме через капіляри відбувається обмін речовинами між тканинами і кров'ю.

4. Доповніть план, за яким можна розповісти про лімфообіг.

а) Будова лімфатичної системи.

б)

в) Зв'язок лімфатичної та імунної систем організму.

г)

Запропонуйте товаришу розповісти про лімфообіг за вашим планом.

1. За якими властивостями вени відрізняються від артерій? **2.** Як регулюється надходження крові до капілярів? **3.** Назвіть усі причини, що зумовлюють рух крові судинами. **4.** Яке явище називають артеріальним пульсом? **5.** Чому частота пульсу збігається із ЧСС? **6.** Чому швидкість руху крові на ділянці «аорта — капіляри» зменшується? **7.** Назвіть три відмінності між будовою кровоносної та лімфатичної систем. **8.** Розкажіть про зв'язок лімфатичної та імунної систем організму. **9*.** Міокард лівого шлуночка товщий, ніж правого. Чому? **10*.** Чому лікарі не рекомендують навіть у разі частих ангін видаляти гланди?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Захворювання серцево-судинної системи, їх профілактика

Серцево-судинні хвороби. Про ***вади серця***, що пов'язані з ураженням його клапанів, чули всі. Вони бувають вродженими або розвиваються як ускладнення після перенесених хвороб. Так, ангіна може призвести до ендокардиту (запалення ендокарда): стулкові чи півмісяцеві клапани або частково зростаються, або ушкоджуються їхні краї. Клапани не прилягають щільно один до одного, і робота серця порушується. Постачання крові в судини ускладнюється, у міокарді відбуваються небезпечні зміни. Вади серця часто лікують, замінюючи клапани серця на штучні.

Ішемічна хвороба серця (ІХС) — небезпечне захворювання, за якого через ураження коронарних судин зменшується кровопостачання самого серця. Через погане живлення міокарда виникають аритмія і серцева недостатність.

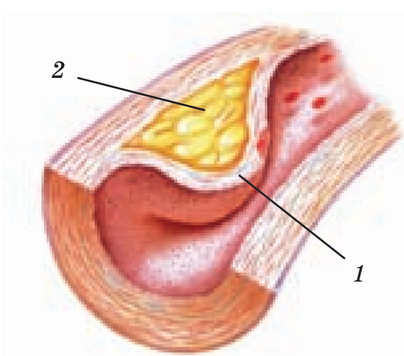
Тривале зменшення кровопостачання може призвести до ***інфаркту міокарда***. Слово «інфаркт» означає омертвіння тканини. Під час інфаркту міокарда внаслідок закупорки судин серцевого м’яза певна його ділянка не одержує необхідних поживних речовин і кисню. Частина клітин міокарда гине і з часом замінюється рубцем, утвореним сполучною тканиною. Діагностувати інфаркт міокарда допомагають електрокардіограма й біохімічний аналіз крові.

Причиною ІХС та інфаркту міокарда може стати **атеросклероз.** На внутрішній стінці артерій виникають ущільнення — бляшки **(мал. 1)**, що звужують просвіт артерій, зменшують їх еластичність і перешкоджають нормальному кровоплину. Це спричиняє утворення тромбів. Атеросклероз уражає великі артерії: аорту, артерії серця тощо.

Гіпертонічна хвороба — захворювання, яке характеризується стійким підвищенням артеріального тиску. Її розвиток спричиняють стреси, перенапруження, паління, уживання алкоголю тощо. Ускладненнями гіпертонії можуть стати інфаркт міокарда, серцева недостатність, інсульт.

Інсульт, або крововилив у мозок, виникає внаслідок розриву судин головного мозку. Під час крововиливу пошкоджуються тканини мозку, результатом чого може стати порушення мовлення, зору, частковий або повний параліч.

Профілактика серцево-судинних хвороб. Недбале ставлення до свого здоров’я призводить до сумних наслідків: схильність до серцево-судинних захворювань формується з дитинства. Основні чинники їх розвитку — малорухливий спосіб життя, стреси, перевтоми, неправильне харчування, куріння й уживання алкоголю. Профілактикою серцево-судинних захворювань є фізична праця, заняття спортом і правильне харчування. Під час помірних фізичних навантажень серце тренується й зміцнюється, покращується кровообіг в інших органах. Раціон має містити таку кількість білків, вітамінів і мікроелементів, що забезпечує нормальну роботу серця й судин. Проте слід обмежувати вживання солі й цукру, тваринних жирів.



Мал. 1. Атеросклеротична бляшка в кровоносній судині: *1* — епітеліальна тканина; *2* — відкладення холестерину

До серця й судин потрібно ставитися дбайливо. Своєчасний відпочинок необхідний нашому організму так само,

як і фізичні вправи, тому спати потрібно не менше ніж 7–8 годин на добу. Дотримуючись цих правил, можна запобігти розвитку серцево-судинних та інших хвороб, підвищити якість життя.

Перша допомога в разі кровотеч

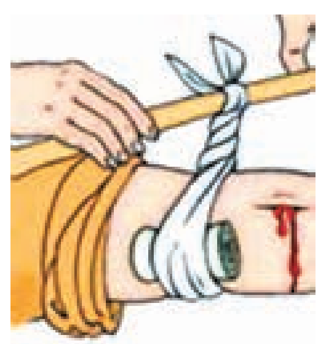
Кровотеча виникає переважно під час поранень. Будь-яка рана небезпечна: вона спричиняє втрату крові, а проникнення до неї мікроорганізмів може призвести до запалень. Отже, насамперед необхідно зупинити кровотечу й запобігти інфікуванню рани.

Під час венозної кровотечі кров темно-червона, тече повільно. За капілярної кровотечі яскраво-червона кров рівномірно сочиться з усієї поверхні рани. Для зупинки венозної або капілярної кровотечі достатньо обробити рану перекисом водню (гідроген пероксидом) або розчином йоду. Якщо поранено кінцівку, слід накласти на неї тугу ватяно-марлеву пов'язку, забинтувати й підняти поранену кінцівку догори, щоб зменшити приплив крові до рани. Щоб запобігти інфікуванню рани, не слід промивати її водою.

Найнебезпечнішою є артеріальна кровотеча. У разі ушкодження артерії яскраво-червона кров б'є з рани сильним пульсуючим струменем. Якщо кровотеча значна, потрібно міцно зігнути кінцівку в суглобі й припинити потік крові по судині або притиснути артерію пальцями вище за місце поранення. Припинивши витік крові, на кінцівку накладають джгут.

У разі кровотечі з верхньої кінцівки джгут розташовують на верхній третині плеча, а під час кровотечі з артерій нижніх кінцівок — на середній третині стегна. Поранену кінцівку піднімають; місце накладення джгута обертають м'якою тканиною, джгут накручують кілька разів до повної зупинки кровотечі **(мал. 2)**. Кінці джгута зав'язують, у петлю вставляють палицю, закручують її і прибинтовують до кінцівки, а рану перев'язують. Під джгутом залишають записку, де вказано час його накладання. Не можна залишати джгут більш ніж на 1–2 години: через відсутність кровообігу в кінцівці можуть омертвіти тканини.

Під час внутрішньої кровотечі кров назовні не витікає, а накопичується в організмі. Людина різко блідне, відчуває слабкість, покривається холодним потом, пульс стає частим і слабким. Потерпілому необхідно надати повний спокій, прикласти до ушкодженого місця холод і якнайшвидше доправити до лікарні.



Мал. 2. Накладання джгута

Наша лабораторія

Як досліджують діяльність серця й судин?

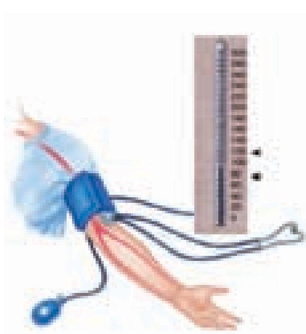
Аускультація. Лікар, обстежуючи вас, обов'язково прослуховує серце, прикладаючи до грудей холодний кружечок фонендоскопа. Цей метод дослідження серця називають аускультацією. Що чує лікар за допомогою фонендоскопа? Виявляється, серце має свою особливу мелодію — тони серця. Звуки виникають унаслідок руху клапанів у момент скорочення і розслаблення міокарда. Перший тон — низький і протяжний, він спричиняється рухом стулкових клапанів. Після короткої паузи — другий тон, вищий і коротший. Цей звук виникає внаслідок закриття півмісяцевих клапанів під час розслаблення шлуночків. У разі захворювання серця його тони змінюються: втрачають чистоту, з'являються сторонні шуми. За тонами серця можна визначити характер захворювання.

Вимірювання артеріального тиску. Прилад для вимірювання тиску називають тонометром **(мал. 3)**. Щоб виміряти тиск, у манжету нагнітають повітря, перетискаючи плечову артерію. Потім поступово знижують тиск у манжеті й прослуховують артерію фонендоскопом.

Коли тиск у манжеті й артерії зрівнюється, чути короткі звуки. У момент їх появи реєструють значення систолічного тиску, у момент зникнення звуків — значення діастолічного тиску.

Підсумки

Внутрішнє середовище організму людини складають кров, тканинна рідина й лімфа. Кров виконує транспортну й захисну функції. Вона складається з рідкої плазми й форменних елементів: еритроцитів, лейкоцитів і тромбоцитів.



Мал. 3. Вимірювання тиску

Еритроцити, що містять гемоглобін, відповідають за транспорт кисню й вуглекислого газу. Тромбоцити разом з речовинами плазми забезпечують зсідання крові. Лейкоцити беруть участь у створенні імунітету.

Кров циркулює в організмі людини великим і малим колами кровообігу завдяки безперервній роботі серця. У роботі серця розрізняють три фази: систола передсердя, систола шлуночків, діастола. Частота й сила серцевих скорочень залежать від фізичного навантаження людини та її психічного стану.

По артеріях великого кола кровообігу кров рухається від серця, по венах — до серця, у малому колі від серця кров переміщується по венах, а до серця — по артеріях. Серед кровоносних судин розрізняють артерії та вени, артеріоли та венули, капіляри. Капіляри — найдрібніші кровоносні судини, крізь які відбувається обмін речовинами між кров'ю та іншими тканинами.

Лімфатична система складається з лімфатичних судин і лімфатичних вузлів. По лімфатичних судинах лімфа, знезаражена й очищена в лімфатичних вузлах, потрапляє в кров.

Працюємо разом

Проведіть протягом тижня дослідження стану вашої серцево-судинної системи: щоденно вранці, удень й увечері за одних і тих самих умов вимірюйте артеріальний тиск та пульс. Побудуйте графіки залежності пульсу та артеріального тиску від часу доби. Чи змінюються у вас пульс та артеріальний тиск протягом дня? Як пояснити ці зміни? Чи є в графіках розбіжності залежно від дня тижня? Як їх можна пояснити?

Порівняйте свої результати з результатами товариша. Чи є у вас розбіжності? Спробуйте з'ясувати, чим вони зумовлені. Результати дослідження оформте у вигляді стендової доповіді.

ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ

Амосов М. М. (1913–2002)

М. М. Амосов — видатний український кардіохірург, учений-фізіолог, засновник біокібернетики в Україні. Його внесок у розвиток досліджень серця, розробку методів серцевої хірургії неможливо переоцінити. Саме М. М. Амосов уперше в СРСР розробив апарат штучного кровообігу «серце-легені», уперше в світі розробив і застосував антитромботичні штучні серцеві клапани. Він був талановитим організатором медицини: у НДІ серцево-судинної хірургії, який він очолював протягом 20 років, було зроблено більше ніж 95 000 операцій, пов'язаних з вадами серця. Тисячі пацієнтів були вдячні М. М. Амосову за збережене життя і здоров'я.



Тема 5

Виділення. Терморегуляція

Увесь час ви отримуєте ззовні кисень і кілька разів на день їсте та п'єте, забезпечуючи себе всім необхідним для життєдіяльності. Однак ви не лише споживаєте, а й видаляєте певні речовини з організму. Ви вдихаєте повітря, проте й видихаєте його, виділяєте назовні сечу, постійно пітнієте. Яким є біологічний сенс виділення як складової обміну речовин? Які фізіологічні системи її забезпечують?

Кожному доводилося сильно пітніти влітку або ловити дрижаки під час лютневих морозів. Так відповідає ваш організм на спеку чи холод. Чому організм людини реагує на певні зміни температури зовнішнього середовища? Який біологічний сенс у тремтінні під час холоду й потінні в спеку?

Відповіді на ці запитання ви знайдете, вивчивши розділ «Виділення. Терморегуляція». Ви дізнаєтеся про будову й функції сечовидільної системи, про утворення сечі, про роль дихальної системи і шкіри у процесах виділення. Ви ознайомитеся з будовою шкіри, особливостями теплообміну в організмі людини, роллю в ньому вашої шкіри.

§ 20 Виділення й обмін речовин в організмі людини. Будова сечовидільної системи. Сечовиділення і його регуляція

Функція виділення в обміні речовин. Склад внутрішнього середовища організму перебуває в стані постійних коливань. Проте ці коливання не є довільними, вони обмежені певними кількісними значеннями вмісту будь-якої речовини. Так, вміст білків коливається в межах 75–85 г/л. Чому організму вдається утримувати білки в цих межах, адже вони утворюються у клітинах безперервно?

Річ у тому, що ці речовини витрачаються у подальших хімічних перетвореннях у клітинах, вони є проміжними продуктами метаболізму.

Проте серед його продуктів є й такі, що в наступних реакціях у клітинах участі не беруть. Їх називають кінцевими. До кінцевих продуктів метаболізму належить, наприклад, вуглекислий газ, який утворюється під час розщеплення вуглеводів і жирів, продукти роз-

щеплення білків, що містять Нітроген,— сечовина, амоніак тощо. Їхнє понаднормове накопичення у внутрішньому середовищі може призвести до критичних для організму наслідків. Щоб запобігти цьому й утримати їхній вміст у межах норми, такі речовини з організму час від часу видаляються. Виводяться з організму й надлишки спожитих солей Натрію, Калію тощо.

Процес видалення з організму речовин, що не беруть участі в процесах обміну речовин у клітинах і порушують відносну сталість внутрішнього середовища, називають виділенням. Органами виділення в людини є нирки, легені, шлунково-кишковий тракт і деякі травні залози та шкіра.

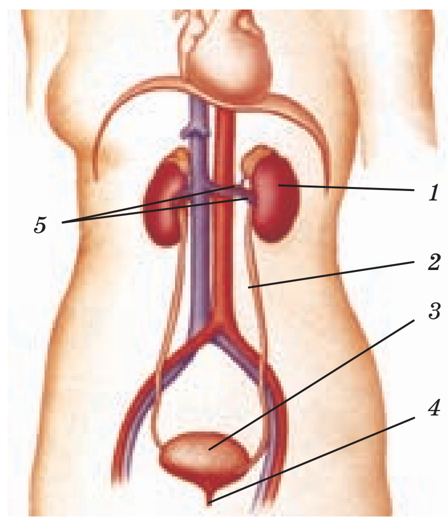
Головний орган виділення — нирки. У нирках утворюється сеча, у якій міститься до 150 різних хімічних сполук. Крізь нирки виводиться більшість кінцевих продуктів метаболізму, що містять Нітроген.

За допомогою легенів організм звільняється від вуглекислого газу й деяких летких речовин. Слинні залози виділяють певні ліки й чужорідні органічні сполуки. Печінка виконує видільну функцію, видаляючи з крові продукти розпаду гемоглобіну під час утворення жовчі. Разом із жовчю вони надходять до кишечника й видаляються з організму разом з калом.

Виділення через шкіру відбувається з потом, шкірним жиром, роговими лусками. За складом піт подібний до сечі: він містить 98–99 % води, а також продукти обміну речовин (сечовину, креатинін, сечову кислоту), солі тощо. Ці продукти метаболізму до потових залоз приносить кров.

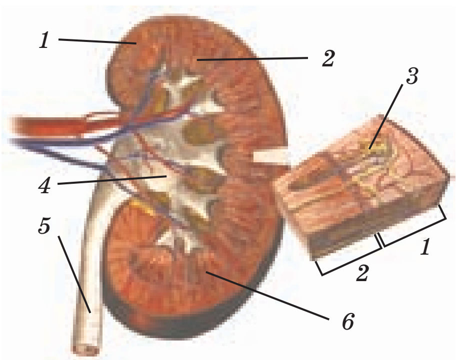
Будова сечовидільної системи (мал. 20.1). Сечовидільна система складається з ***нирок***, ***сечоводів***, ***сечового міхура*** і ***сечівника***. У цій системі нирки відповідають насамперед за очищення крові й утворення сечі, а інші органи — за її видалення.

Нирки — парні органи бобоподібної форми. Вони розташовані в черевній порожнині перед хребтом по обидва його боки на рівні поперека. Маса нирки дорослої людини становить 120–200 г.



Мал. 20.1. Сечовидільна система: *1* — нирка; *2* — сечовід; *3* — сечовий міхур; *4* — сечівник; *5* — ниркові вена й артерія

Посередині її внутрішнього ввігнутого боку розташовані заглиблення — ***ниркові ворота***. Крізь них входять ниркова артерія та нерви, виходять вена, лімфатичні судини, сечовід. Нирка (**мал. 20.2**) вкрита щільною оболонкою. У нирці розрізняють внутрішній ***мозковий шар*** і зовнішній ***кірковий шар***.



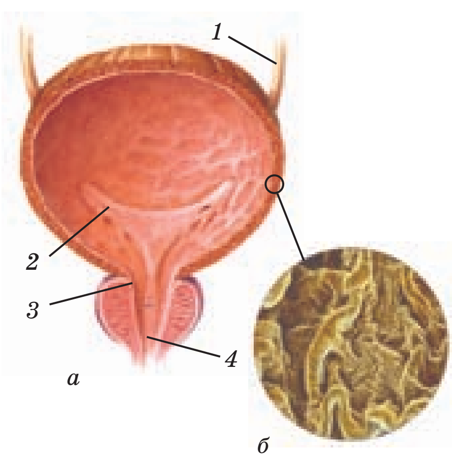
Мал. 20.2. Будова нирки: *1* — кірковий шар; *2* — мозковий шар; *3* — нефрони; *4* — ниркова миска; *5* — сечовід; *6* — ниркова пірамідка

Складовими мозкового шару є так звані ***ниркові пірамідки***, утворені сполучною тканиною, у якій містяться скупчення ***нефронів***. У нирці налічується 15–20 ниркових пірамідок.

Нефрони — це функціональні складові нирок, які відповідають за утворення сечі. Їх кількість у нирці сягає 1 млн, а загальна довжина — 100 км. Нефрон розташований так, що одна його частина розміщується в кірковому шарі, інша — у мозковому. Стінки нефронів утворені одним шаром епітелію. Навколо них розташовано безліч кровоносних судин. Кров проходить системою капілярів, які оточують нефрони, і до них із капілярів надходить вода й інші речовини, з яких складається сеча. Сеча, що утворилася в нефронах, потрапляє до збиральних трубочок. По них і починається видалення сечі. Зі збиральних трубочок вона надходить до порожнин нирки. Остання з них — ***ниркова миска***, з якої сеча прямує до сечоводу.

Через нирки за 1 хв проходить близько 1 л крові, а за 5–6 хв — уся кров, що циркулює в організмі. За добу в дорослої людини виділяється 1,2–1,5 л сечі.

Сеча безперервно відтікає від нирок по сечоводах і збирається в сечовому міхурі.



Мал. 20.3. Сечовий міхур (*а*) і внутрішня поверхня сечового міхура (*б*): *1* — сечовід; *2* — вивідний отвір сечоводу; *3* — сфінктер; *4* — сечівник

Сечовиділення та його регуляція. Сечовий міхур (**мал. 20.3**) вміщує 200–600 мл сечі. У місці його переходу в сечовипускальний канал розташований потужний сфінктер.

Наповнюючись сечею, сечовий міхур до певної межі розтягується. На розтягування реагують рецепторні нейрони, закінчення яких містяться в його стінках. Ці нейрони передають нервові імпульси в спинний мозок до центру сечовипускання. Від нього по ефекторних нейронах прямують сигнали, що спричиняють одночасне скорочення гладеньких м'язів стінки сечового міхура й розслаблення сфінктера. Унаслідок цього сеча під певним тиском виштовхується у сечовидільний канал, а звідти витікає назовні.

У дітей сечовиділення відбувається 6–7 разів на добу, у дорослої людини — 4–6 разів.

І скорочення стінок сечового міхура, і розслаблення сфінктера є безумовними рефлексами. Проте вже в дитинстві в людини формується свідомий контроль сечовипускання. Центром сечовипускання починають керувати центри головного мозку. Тому людина може довільно регулювати стан сфінктера, який відкриває отвір сечового міхура.

1. Проаналізуйте текст параграфа і з'ясуйте, які з органів не беруть участі у виділенні: *нирки, підшлункова залоза, сечоводи, бронхи, печінка, сечовий міхур, сечівник, потові залози, стравохід, слинні залози, товста кишка, шкіра.*

2. На мал. 20.2 знайдіть великі судини нирки, оболонку нирки, її корковий і мозковий шари, сечовід, ниркову миску. Підрахуйте, скільки ниркових пірамідок видно на малюнку.

3. Простежте, який шлях проходить сеча від утворення до виведення її з організму (мал. 20.1). З'ясуйте, чи може ваш товариш назвати органи, що відповідають за утворення й виведення сечі.

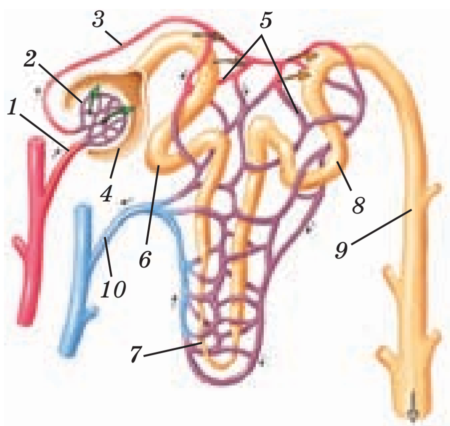
4. Запропонуйте товаришу доповнити наданий текст, перевірте його роботу за частиною параграфа «Сечовиділення і його регуляція».
На розтягування сечового міхура, коли він наповнюється сечею, реагують… у стінках міхура. По них нервові імпульси надходять… . Від нього по… нейронах до м'язів стінки сечового міхура і сфінктера прямують… . Як наслідок, м'язи стінки…, а м'язи сфінктера… . Сеча виводиться до… .

1. Як пов'язане виділення з процесами метаболізму, що відбуваються у клітинах? **2.** Які функціональні системи та їхні органи беруть участь у виділенні? **3.** Назвіть функції кожного органа сечовидільної системи. **4.** Які складові нирки відповідають за утворення сечі; за її надходження до сечоводів? **5.** Назвіть складові нефрону. **6.** Як улаштований сечовий міхур? **7*.** Який подразник «запускає» рефлекс сечовиділення? **8*.** Скільки разів за добу вся кров, що циркулює у вашому організмі, очищується в нирках?

§ 21 Будова нефрону й утворення сечі

Для звільнення крові від кінцевих продуктів метаболізму, що порушують сталість внутрішнього середовища, необхідна взаємодія кровоносної системи з видільною. А саме з пристосуванням, що призначене для «збору відходів»,— нефроном. Щоб з'ясувати, як така взаємодія відбувається, насамперед потрібно знайти відповідь на запитання, що подане нижче.

Як улаштований нефрон (мал. 21.1)? Нефрон — це довгий замкнений з одного боку канал, сформований одношаровим епітелієм. Цей канал починається ***нирковою капсулою***. За формою вона нагадує келих із подвійною стінкою. Ниркова капсула продовжується ***звивистим канальцем***, який переходить у довгу ***петлю нефрону***. Низхідна й висхідна частини петлі розміщені на незначній відстані паралельно одна одній. Повертаючись до кіркового шару, висхідна частина петлі переходить у другий звивистий каналець, який впадає в збірну трубочку. Цією трубочкою сеча, що утворилася в нефроні, доправляється до ниркової чашечки.



— вода, сечовина, сечова кислота, глюкоза, амінокислоти, солі

— вода, глюкоза, амінокислоти, солі

— ліки, креатинін, йони Гідрогену, Калію

Мал. 21.1. Будова нефрону: *1* — привідна артеріола; *2* — капілярний клубочок; *3* — відвідна артеріола; *4* — ниркова капсула; *5* — капіляри канальців; *6* — перший звивистий каналець; *7* — петля нефрону; *8* — другий звивистий каналець; *9* — збірна трубочка; *10* — венула

Капсула і звивисті канальці розташовані в кірковому шарі нирки, а петля нефрону глибоко занурена в її мозковий шар.

До капсули кожного нефрону підходить відгалуження ниркової артерії — ***привідна артеріола***. Вона розгалужується на 20–25 капілярів, які утворюють у нирковій капсулі ***клубочок***, а потім збираються у ***відвідну артеріолу***.

Відвідна артеріола розгалужується, формуючи навколо звивистих канальців і петлі нефрону капілярну мережу. Ці капіляри зливаються у венулу. Венули, по яких кров рухається від нефронів, збираються в ниркову вену, що виносить кров з нирки.

Утворення сечі. Сеча в нирках продукується безперервно. Цей процес відбувається у два етапи: спочатку утворюється ***первинна сеча***, а потім — ***вторинна***, або ***концентрована, сеча***.

Утворення первинної сечі. На відміну від звичайних капілярів, клубочкові капіляри пропускають рідину лише в одному напрямку — назовні. Чому?

Діаметр привідної артеріоли більший, ніж відвідної, тому в капілярах клубочка створюється високий тиск. Під тиском крізь стінки капілярів і ниркової капсули до її порожнини фільтрується рідина, подібна до плазми крові. У ній відсутні лише формені елементи крові й великі за розміром молекули білків, що не проходять крізь пори стінок капілярів клубочка. Цю рідину називають ***первинною сечею***, а процес її утворення — ***фільтрацією***. За добу в нирках утворюється 170–180 л первинної сечі.

Утворення вторинної сечі. З ниркової капсули первинна сеча надходить до першого звивистого канальця. Тут починається ***реабсорбція*** — з первинної сечі до капілярів повертаються речовини, життєво необхідні організму. На відміну від фільтрації, реабсорбція деяких речовин відбувається зі значними витратами енергії: переміщення певних молекул і йонів з нефрону до капілярів потребує участі спеціальних молекул-переносників.

З першого канальця до капілярів повертається частина води, глюкоза, амінокислоти, з петлі нефрону — вода, йони Натрію, Хлору тощо.

А от до другого канальця речовини з крові активно транспортуються: до нього надходять йони Калію, Гідрогену, складові ліків тощо. Цей процес називають ***секрецією***. Вторинна сеча надходить у збірну трубочку нефрону. Результатом процесів, що відбуваються в нефроні, є утворення вторинної сечі й відновлення сталого складу крові.

У нормі в сечі відсутні еритроцити, білки, амінокислоти, глюкоза. Взагалі не повертається з первинної сечі до крові сечова кислота, ліки, йони важких металів, а частково — сечовина.

Аналіз сечі, який роблять у клініках, дає лікарю важливу інформацію і про роботу нирок, і про процеси обміну речовин, що відбуваються в інших органах.

Роль нирок у підтриманні водно-сольового балансу в організмі. Важливим показником стану внутрішнього середовища організму є концентрація в крові йонів, зокрема Натрію та Хлору. Як вона лишається сталою, адже іноді ми вживаємо в їжу дуже солоні продукти?

Цей процес регулюється нервовою системою й гуморально. Підвищення концентрації солі в крові реєструють нейрони, більшість

яких розташована в головному мозку (у гіпоталамусі). У відповідь на їхнє подразнення гіпоталамус виробляє гормон вазопресин, який діє на нефрон, підсилюючи реабсорбцію води. Концентрація йонів Натрію і Хлору в крові зменшується, повертаючись до норми. Відповідно, у сечі концентрація солі збільшується, організм позбавляється її надлишків.

Якщо ж в організмі є надлишок води, гіпоталамус зменшує вироблення вазопресину, реабсорбція послаблюється — води з вторинної сечі в кров повертається менше. Отже, більша її кількість виводиться з організму.

У нирках є також власний механізм регуляції об'єму крові, що надходить до неї, а отже, й очищується за певний час. Певні клітини нирки синтезують гормон, який регулює кров'яний тиск у системі кровообігу нирок.

§

1. Разом з товаришем проаналізуйте будову нефрону. Показуйте йому на мал. 21.1 складові нефрону. Нехай він, користуючись текстом параграфа, пояснює, які процеси в них відбуваються.
2. З'ясуйте, чим відрізняються: а) склад первинної сечі та плазми крові; б) склад первинної і вторинної сечі.
3. Доповніть опис регуляції водно-сольового балансу.
   Кров: концентрація йонів Натрію і Хлору збільшується, як наслідок… .
   Кров: концентрація йонів Натрію і Хлору зменшується, як наслідок… .
   Запропонуйте товаришу перевірити вашу роботу, користуючись текстом параграфа.

?

1. З яких етапів складається процес утворення сечі? **2.** Як відбувається фільтрація в нирковій капсулі? **3.** У чому відмінність між процесами фільтрації та реабсорбції? **4.** Чому добові об'єми первинної та вторинної сечі різняться? **5*.** Які фізіологічні системи стають до справи, якщо ви наїлися солоного? **6*.** Нирки називають органом, який дає людині змогу їсти й пити відповідно до її звичок без зміни складу внутрішнього середовища організму. Чи є така думка слушною?

§ 22 Значення і будова шкіри

Функції шкіри. Шкіра є одним з найбільших органів в організмі людини, її маса в дорослої людини сягає 5 кг, а площа — 1,5–2 м². І це не дивує, адже вона є оболонкою, що відмежовує майже весь організм людини від зовнішнього середовища.

Шкіра захищає внутрішні органи від механічних ушкоджень, від проникнення різних речовин і мікроорганізмів, від шкідливої дії ультрафіолетового випромінювання. Із секретом потових залоз шкіри виділяється вода й певні продукти метаболізму.

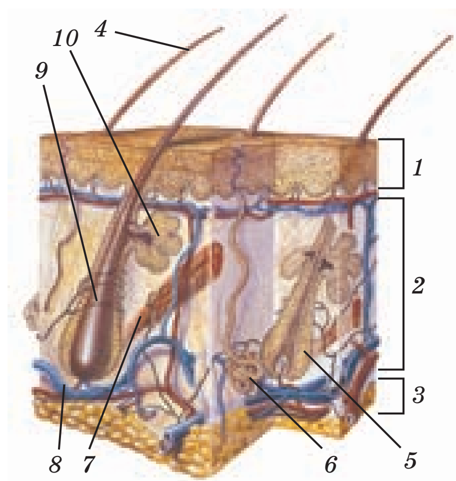
Працює шкіра і як орган чуттів. Відчуття дотику, тиску, вібрації, болю виникають у вас унаслідок подразнення відповідних нейронів, нервові закінчення яких містяться в шкірі. Завдяки терморецепторним нейронам шкіри ви сприймаєте зміни температури навколишнього середовища. Шкіра відіграє важливу роль у терморегуляції: через неї відбувається майже 82 % всієї тепловіддачі організму.

Шкіра — депо крові й сховище запасних речовин. Розгалужена мережа її судин може вмістити до 1 л крові, а в підшкірній жировій тканині накопичується жир. Роль шкіри в обміні речовин є унікальною: лише в її клітинах під дією ультрафіолетового випромінювання синтезується вітамін D. Які особливості будови дають шкірі змогу виконувати всі ці функції?

Будова шкіри (мал. 22.1). Шкіра утворена трьома шарами тканин: зовнішній шар — це епідерміс, під ним розташована дерма, найглибший шар — підшкірна клітковина.

Епідерміс є різновидом епітеліальної тканини. Зовнішній шар епідермісу — це мертві зроговілі клітини. Вони безперервно злущуються: щохвилини ви втрачаєте близько 50 тис. «лусочок». Проте товщина епідермісу не зменшується. Чому?

Верхній шар епідермісу постійно оновлюється за рахунок клітин нижнього шару, які мають кубічну форму й постійно діляться. Частина клітин залишається в нижньому шарі, а інші



Мал. 22.1. Будова шкіри: *1* — епідерміс; *2* — дерма; *3* — підшкірна клітковина; *4* — волосина; *5* — волосяний фолікул; *6* — потова залоза; *7* — м'яз, що піднімає волосину; *8* — кровоносні судини; *9* — нервові закінчення; *10* — сальна залоза

формують верхній шар. Ці клітини втрачають здатність ділитися, сплощуються, накопичують білок ***кератин*** і, як наслідок, роговіють, мертвіють і злущуються. У нижньому шарі епідермісу весь час продукуються нові клітини. Так за 10–30 днів відбувається повне його оновлення. Зазвичай товщина епідермісу становить 0,03–1,5 мм, але на ділянках тіла, що зазнають сильного тертя (долоні, стопи), він у декілька разів товщий.

Дерма. У міжклітинній речовині сполучної тканини, яка утворює дерму, містяться колагенові й еластичні волокна. Завдяки їм шкіра пружна й легко розтягується: відтягніть її на тильному боці долоні і відпустіть — вона відразу повернеться в початковий стан.

Товщина дерми — 0,5–5 мм, найтовстішою вона є на спині, плечах, стегнах. Дерма впинається в епідерміс безліччю сосочків, які трохи піднімають епідерміс, утворюючи гребінці й борозенки. Їхній малюнок у кожної людини різний. У дермі розташовані кровоносні й лімфатичні капіляри, м'язові та нервові волокна, нервові закінчення, пігментні клітини, потові та сальні залози, волосяні фолікули.

Шкірні залози — це залози зовнішньої секреції, що виділяють секрети на поверхню шкіри. ***Потова залоза*** має вигляд трубочки діаметром 0,3–0,4 мм, закрученої клубочком. Один її кінець сполучений з порою в епідермісі. У людини, на відміну від інших ссавців, потові залози розташовані на всій поверхні тіла, але найбільше їх на долонях, ступнях, у пахвах. Секретом потових залоз є піт, який утворюється з міжклітинної рідини. Він на 98 % складається з води, решта — це розчинені в ній солі, сечовина та інші кінцеві продукти метаболізму.

На відміну від потових, ***сальні залози*** розгалужені, а їхні протоки відкриваються у волосяний фолікул. Більшість сальних залоз розташовані на голові, обличчі, верхній частині спини. Їхній секрет містить жироподібні речовини. Вони потрапляють на волосся та поверхню шкіри й пом'якшують її. Водонепроникний шар, утворений цими речовинами, захищає шкіру від пилу та мікроорганізмів, а також перешкоджає її висиханню. За добу сальні залози виділяють близько 20 г секрету.

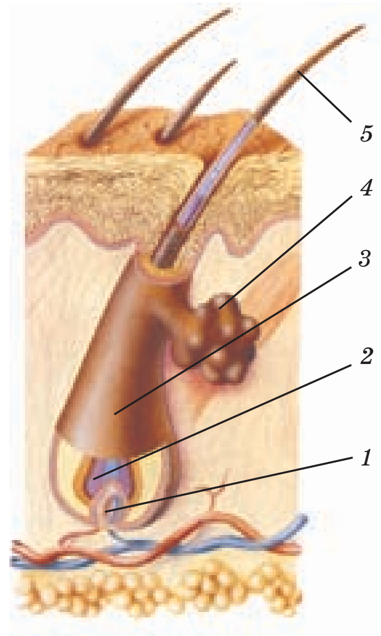
Підшкірна клітковина — нижній шар шкіри, утворений жировою тканиною завтовшки 3–10 мм. Підшкірна клітковина працює як амортизатор, що гасить механічні дії на поверхні тіла. Недарма найтовщий шар цієї тканини міститься на сідницях і підошвах: вони весь час зазнають великого тиску. Жирова тканина є гарним теплоізолятором, тому худенькі зазвичай мерзнуть більше, ніж товстунчики.

Похідними епідермісу, що виконують додаткову захисну функцію, є ***волосся*** й ***нігті***. Волосся вкриває майже всю поверхню шкіри, за винятком долонь, підошов, бічних поверхонь пальців. На голові людини в середньому росте близько 100 тис. волосин, і хоча 75–100 з них людина щодня втрачає, їх кількість у нормі відновлюється.

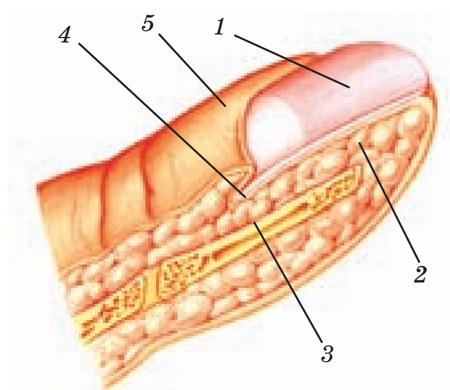
У волосині **(мал. 22.2)** розрізняють стрижень, який виступає над шкірою, і корінь, розміщений у дермі. Корінь розташовується у ***волосяному фолікулі*** й починається з потовщення — ***волосяної цибулини***.

Основа фолікули з'єднана з гладеньким м'язом, під час скорочення якого волосина піднімається. Волосяна цибулина складається з епітеліальних клітин, які діляться, за рахунок чого волосина росте. Просуваючись до поверхні шкіри, ці клітини наповнюються кератином і роговіють. За місяць волосина виростає приблизно на 1 см. Клітини волосяної цибулини здатні до поділу протягом 2–4 років, потім ріст волосини припиняється і вона випадає. Через певний час волосяна цибулина може відновити свою активність. Колір волосини зумовлений кількістю пігменту меланіну, що міститься в її зовнішньому шарі. З віком синтез меланіну знижується, й волосся сивіє.

Ніготь **(мал. 22.3)** — це щільна рогова пластинка, яка лежить на нігтьовому ложі. Ложе з боків обмежене шкірними складками — нігтьовими валиками. Росте ніготь унаслідок поділу клітин кореня нігтя так само, як росте волосся. Швидкість росту нігтя становить близько 0,3 мм на день на руках і 0,15 мм на день на ногах.



Мал. 22.2. Будова волосини: *1* — корінь; *2* — волосяна цибулина; *3* — волосяний фолікул; *4* — сальна залоза; *5* — стрижень



Мал. 22.3. Будова нігтя: *1* — рогова пластинка; *2* — нігтьове ложе; *3* — фаланга пальця; *4* — корінь нігтя; *5* — нігтьовий валик

1. Спробуйте викласти зміст частини параграфа «Функції шкіри» у формі таблиці за наданим зразком. Обговоріть цю роботу з товаришем, аби врахувати всі відомості про функції шкіри, наведені в тексті.

Функції шкіри

Назва	Функція
Захисна	Оберігає внутрішні органи від механічних ушкоджень…

2. Покажіть товаришеві на мал. 22.1 усі складові шкіри, запропонуйте знайти їхні назви в тексті параграфа.
3. Звірте короткий виклад змісту параграфа з його текстом. Обговоріть із товаришем, чи всі твердження в наведеному нижче тексті правильні. *Шкіра — багатофункціональний орган. Головною його функцією є захисна, яка здійснюється завдяки епідермісу. Епідерміс увесь час оновлюється за рахунок клітин дерми. Шкіра утворена трьома шарами тканин: епідермісом, дермою й жировою тканиною. У дермі містяться судини, залози, волосяні фолікули. Жирова тканина — це головний теплоізолятор організму.*

1. Поясніть, чому шкіра є одним з найбільших органів в організмі людини. **2.** До якого типу тканин належить епідерміс? дерма? **3.** У який спосіб відбувається оновлення епідермісу? **4.** У чому полягають функції потових залоз? сальних залоз? **5.** Чому нервові закінчення чутливих нейронів шкіри розташовані саме в дермі? **6.** Поясніть, чому волосся й нігті вважають похідними дерми. **7*.** Чому детективи на місці злочину шукають відбитки пальців? **8*.** Як, на вашу думку, пов'язана розгалуженість кровоносних капілярів шкіри з її захисною функцією?

§ 23 Терморегуляція

Особливості теплообміну організму людини. Перебіг реакцій метаболізму в організмі людини відповідає нормі при температурі його тіла в межах 36–37 °С. Саме її наш організм підтримує без будь-яких

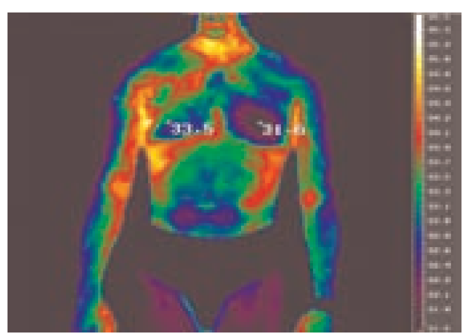
додаткових зусиль, якщо повітря, яке нас оточує, нагріте до +20 °С. Невипадково таку температуру повітря називають комфортною — ми навіть не відчуваємо її.

Проте температура середовища змінюється в широких межах. У спеку ми мали б «зваритися у власному соку», а зниження температури на 10–15 °С мало б призвести до переохолодження організму й уповільнення в ньому реакцій метаболізму. Але навіть під час значних коливань температури середовища наш організм протягом певного часу підтримує власну температуру сталою. Як це йому вдається?

Організм людини, як і всі фізичні тіла, обмінюється із середовищем тепловою енергією. Якщо температура середовища нижча за температуру фізичного тіла, тіло віддає тепло, тобто охолоджується. Якщо температура середовища вища, будь-яке тіло отримує тепло й має нагріватися. Так, камінь буде охолоджуватися або нагріватися, поки його температура не зрівняється з температурою повітря навколо нього. Інша річ — організм людини: щойно він оцінить зміни температури середовища як загрозливі для себе, його теплообмін змінюється. Так, щоб запобігти перегріванню, організм збільшує тепловіддачу, а зі зниженням температури середовища — зменшує.

Для підтримання сталості власної температури організм регулює й продукцію тепла. Він зменшує її, щоб марно не підігрівати себе при високій температурі повітря, а під час її зниження збільшує теплопродукцію. У які способи організм зберігає оптимальне співвідношення між тепловіддачею і продукуванням тепла?

Теплообмін і теплопродукція. Теплообмін між організмом і середовищем здійснюється в кілька способів. Організм втрачає тепло, випромінюючи інфрачервоні електромагнітні хвилі **(мал. 23.1)**, а під їхнім впливом нагрівається. Теплова енергія втрачається організмом і надходить до нього й унаслідок теплопровідності. Такий теплообмін відбувається за умов контакту з менш або більш нагрітими тілами, зокрема повітрям. Збільшує тепловіддачу рух повітря, що оточує організм, а також утрата тепла внаслідок випаровування води з поверхні шкіри.



Мал. 23.1. У тепловізорі більш розігріті ділянки тіла людини виглядають червоними, менш розігріті — зеленими

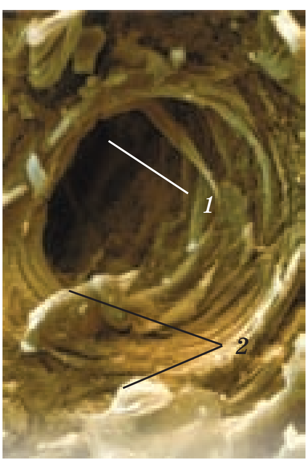
Джерелом тепла в організмі є реакції розщеплення жирів і вуглеводів, що відбуваються із виділенням теплової енергії. Вони відбуваються в усіх органах тіла людини, але їхня інтенсивність залежить від функції органа. «Найгарячішими» серед внутрішніх органів є печінка й товста кишка. Постачальниками тепла є скелетні м'язи, але тільки під час інтенсивної роботи. Найменше тепла продукується в кистях рук і стопах ніг — недарма вони холодніші за інші частини тіла.

Основним переносником тепла в організмі є кров, що має високу теплоємність. Циркулюючи кровоносною системою, вона нагрівається в «гарячих» органах і переносить тепло до тих, що розігріті менше.

Терморегуляція. Що відбувається, коли зміни температури середовища загрожують сталості температури самого організму?

У мороз втрати тепла через відкриті ділянки шкіри й дихальні шляхи дуже великі. Ви ризикуєте змерзнути, і організм підсилює теплопродукцію та знижує тепловіддачу. Терморецептори шкіри (нейрони, що здатні сприймати зміни температури) реєструють її небезпечне зниження й надсилають сигнали до головного мозку, у центр теплорегуляції. У ньому інформація обробляється: виникають нервові імпульси, які прямують до скелетних м'язів і спричиняють їх швидке безладне скорочення і розслаблення. Тремтіння м'язів у кілька разів збільшує теплопродукцію. Підсилюють теплопродукцію й рухи: притупування, підскакування тощо.

Щоб збільшення теплопродукції не було марним, організм одночасно зменшує тепловіддачу. Він обмежує надходження теплоносія (крові) до дерми, через яку відбувається теплообмін. Судини шкіри звужуються, і кількість крові в них зменшується. Це покращує теплоізоляційні властивості шкіри і, як наслідок, зменшує тепловіддачу.



Мал. 23.2. Виділення поту з потових залоз: *1* — пора потової залози; *2* — крапельки поту

Як реагує організм на загрозу перегріву, що виникає під час спеки? Щоб зменшити теплопродукцію, він вдається до пригнічення активності — пригадайте, як вам важко рухатися і навіть думати в спеку. Збільшення тепловіддачі відбувається насамперед за рахунок випаровування поту з поверхні шкіри. Нейрони, чутливі до змін температури, сигналізують головному мозку про небезпеку перегріву, й він спрямовує імпульси до потових залоз **(мал. 23.2)**. Виділення поту збільшується, його кількість може сягати 10 л на добу. За рахунок випаровування поту організм за годину

може віддати тепла стільки, скільки віддає за день, перебуваючи в комфортних умовах. Значно збільшується тепловіддача і внаслідок посилення кровоплину в шкірі: що більше крові надходить до поверхні тіла, то більше тепла віддається.

1. Виділіть у тексті вже відому вам інформацію й ту, що виявилася для вас новою. Які знання з курсу фізики вам знадобляться, щоб засвоїти матеріал параграфа?
2. Проаналізуйте текст параграфа й поясніть товаришеві, яким є теплообмін у разі перегріву організму людини; у разі охолодження.
3. Сформулюйте п'ять запитань, на які можна знайти відповідь у частині тексту «Терморегуляція». Поставте їх товаришеві.

1. Розкажіть про участь нервової системи в терморегуляції. **2.** Які реакції організму підвищують теплопродукцію, які — зменшують? **3.** Чому в очікуванні трамвая взимку краще ходити, ніж стояти? **4.** Чому людина в сильний холод блідне, а під час спеки червоніє? **5*.** Чому важка фізична робота в спекотний день є небезпечною? **6*.** Чому в людини температура стопи нижча, ніж у пахві?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Захворювання сечовидільної системи

Усі органи сечовидільної системи чутливі до інфекцій, до температури середовища, а нирки — ще й до дії шкідливих речовин, що можуть утворюватися в процесах метаболізму або надходити ззовні.

Інфекція крізь сечівник потрапляє до сечового міхура й спричиняє запалення слизової оболонки — ***цистит***. Його симптомами є часті болісні позиви до сечовипускання. До циститу призводять і недотримання правил особистої гігієни, переохолодження, споживання гострої й копченої їжі. Він розвивається й на тлі карієсу зубів, ангіни тощо. У разі циститу інфекція висхідним шляхом може потрапити в ниркові миски і спричинити ***пієлонефрит*** — запалення тканин, що супроводжується високою температурою, болем у попереку, болісним сечовипусканням.

Запалення сечовидільної системи й уживання солоної їжі є причиною ***сечокам'яної хвороби***: розчинні солі, які в нормі містяться в сечі, випадають в осад і утворюють камені. Вони відкладаються в нирках, сечоводах, сечовому міхурі й перешкоджають виведенню

сечі. Симптоми цієї хвороби — різкий біль у попереку (ниркова коліка), біль під час сечовипускання, домішки крові в сечі.

Гломерулонефрит — це інфекційно-алергічне захворювання нирок, що вражає клубочки нефронів. Через їх ушкоджену стінку виводяться еритроцити та білки. У хворих виникають набряки, підвищується артеріальний тиск, розвивається анемія. Із часом нефрони гинуть і заміщуються сполучною тканиною: кінцеві продукти метаболізму затримуються в крові, спричиняючи самоотруєння організму. Хворий непритомніє і впадає в кому. Цей стан називають нирковою недостатністю. Такому хворому може допомогти лише штучне очищення крові (гемодіаліз) і пересадка нирки.

Профілактикою хвороб нирок є дотримання правил особистої гігієни, запобігання застудам, переохолодженням, підтримання здоров'я зубів. Пам'ятайте: тривала довільна затримка сечі шкідлива. Вона спричиняє підвищення тиску в кровоносній системі нирок.

Профілактика шкірних хвороб

Через ушкоджену шкіру хвороботворні бактерії та грибки проникають в організм і можуть призвести до гнійних запалень (наривів), мікозів тощо. Заразною хворобою, яку спричиняє коростяний кліщ, є ***короста***. Вона передається під час тісного контакту з хворою людиною й через спільні побутові предмети, одяг, постільну білизну. Симптомами корости є дуже сильне свербіння й висипи на шкірі, частіше — на тильному боці долонь і між пальцями. Щоб попередити зараження коростою, необхідно дотримуватися правил особистої гігієни. Виявивши на тілі висип, потрібно негайно звернутися до лікаря.

Мікози — це велика група шкірних захворювань, що спричинені хвороботворними грибами. Найпоширеніші з них — грибкові ураження стоп і нігтів. Нігті стають тьмяними й нерівними, починають кришитися, у складочках між пальцями з'являється почервоніння, що супроводжується свербінням, на підошвах утворюються тріщини, які погано заживають. Щоб захиститися від мікозу, не ходіть босоніж у роздягальнях спортзалів, басейнів, лазень тощо, користуйтеся тільки власним взуттям. Улітку носіть відкрите взуття, щоб ноги «дихали».

Умовою збереження здоров'я людини є чиста шкіра, тому необхідно щодня приймати гарячий душ або ванну. Пам'ятайте: вода, мило й мочалка допоможуть вам зберегти шкіру чистою та здоровою! Нігті й волосся також потребують ретельного догляду. Волосся, залежно від його типу, потрібно мити не рідше одного разу на тиждень. Необхідно щотижня стригти нігті на руках і ногах, тому що

під довгими нігтями накопичується бруд і швидко розмножуються хвороботворні мікроби.

Наша лабораторія

Гемодіаліз

Гемодіалізом називають спосіб лікування ниркової недостатності: кров з організму хворого очищують від токсичних продуктів за допомогою штучної нирки **(мал. 1)**.

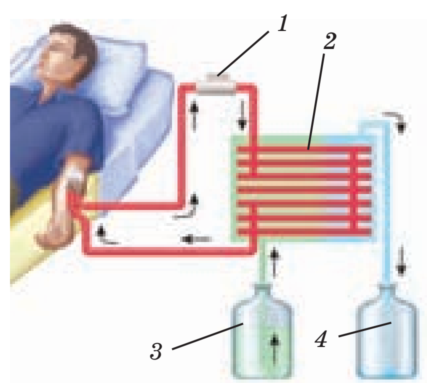
Головною складовою цього приладу є спеціальна мембрана. Вона має дуже дрібні пори і здатна пропускати невеликі молекули, що містяться в плазмі, та затримувати великі молекули, наприклад білки, а також формені елементи крові. Кров хворого надходить до штучної нирки і рухається в системі з 12–14 тисяч мембранних капілярних трубок, між якими тече фізіологічний розчин натрій хлориду. До нього через мембрану дифундують із крові токсичні продукти обміну. За 4–6 год гемодіалізу можна відновити в крові нормальну концентрацію сечовини, йонів Калію, Натрію тощо, видалити з неї до 4–6 л води (у разі набряків).

Проте цей вид лікування не вирішує всіх проблем, що виникають унаслідок порушення гомеостатичної функції нирок. Тому в тяжких випадках застосовують інший метод лікування — пересадку нирки від донора.

Від чого залежить колір шкіри?

Колір шкіри людини залежить від кількості й розміру пігментних гранул в особливих клітинах шкіри — меланоцитах, а також від кольору пігменту меланіну, що міститься в цих гранулах. Меланін (грец. *мелас* — чорний), незважаючи на походження його назви, буває різних кольорів: чорного, коричневого, жовтого. Він визначає колір не лише шкіри, але й волосся та райдужної оболонки очей.

Меланін оберігає нас від надмірного ультрафіолетового випромінювання. Його кількість у шкірі залежить від інтенсивності сонячного випромінювання. У світлошкірих народів Європи в нижньому шарі епідермісу містяться



Мал. 1. Гемодіаліз: *1* — насос; *2* — трубочки з проникними мембранами; *3* — фізіологічний розчин; *4* — розчин, що містить відходи метаболізму

поодинокі гранули меланіну, а в темношкірих мешканців Африки, австралійських аборигенів їх безліч. Звідси й вроджені відмінності в кольорі шкіри між жителями півночі й тропіків.

Збільшити кількість меланіну в шкірі можуть і ті, кому в спадок його дісталося небагато — для цього потрібно засмагнути. Проте любителі засмаги мають пам’ятати, що тривала дія ультрафіолету надзвичайно небезпечна й може призвести до ракових захворювань шкіри.

Є люди, в організмах яких не синтезується меланін — їх називають альбіносами. Шкіра альбіносів має блідо-рожевий відтінок, а волосяний покрив у них білий. Така особливість властива не лише людям, але й тваринам (наприклад, відомі білий щур, білий слон, білий тигр тощо).

Підсумки

Функцію виділення в організмі людини здійснюють нирки, легені, шлунково-кишковий тракт і деякі травні залози та шкіра.

Органами сечовидільної системи є нирки, сечоводи, сечовий міхур і сечівник. У нирках завдяки роботі нефронів у процесах фільтрації, реабсорбції й секреції утворюється сеча, а кров, що відтікає від нирок, позбавляється понаднормового вмісту кінцевих продуктів метаболізму.

Утворення сечі відбувається безперервно, а видалення — періодично. Сеча накопичується в сечовому міхурі й довільно виводиться з організму людини. Утворення сечі регулюється нервовою й ендокринною системами.

Шкіра захищає внутрішнє середовище організму від висихання, проникнення мікроорганізмів і різних ушкоджень, через шкіру виділяються деякі шкідливі продукти метаболізму. Вона складається з кількох шарів: епідермісу, дерми й підшкірної жирової клітковини. У дермі розташовані судини, сальні й потові залози, з неї ростуть волосся та нігті.

Підтримання температури тіла (терморегуляція) забезпечується врівноваженням двох процесів — теплопродукції й тепловіддачі, що регулюються нервовою системою. Важливу роль у терморегуляції відіграють кровоносні судини шкіри й потові залози.

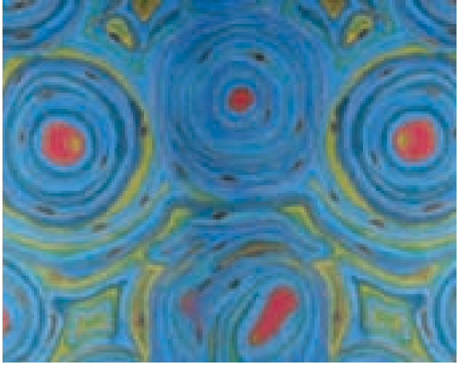
Працюємо разом

1. Виготовте модель нефрону. Обговоріть із товаришем, які матеріали краще використати, щоб показати, із чого складається нирковий клубочок, ниркова капсула, канальці. Придумайте, з якого

матеріалу можна зробити модель капілярів, що обплітають нефрон. Презентуйте свою модель, проведіть конкурс на найкращу роботу.

2. Проведіть ярмарок досліджень за напрямком «Шкіра й волосся — краса та здоров'я». Об'єднайте учнів у групи, знайдіть у додатковій літературі та Інтернеті матеріали, що відповідають темі, підготуйте повідомлення, наприклад: «Як впливає фарбування волосся на його стан?», «Автозасмага: за і проти» тощо. Презентуйте на ярмарку результати своєї роботи.

3. Чи дізналися ви про нові речовини вашого організму, вивчаючи тему 5? Певно, так. Тоді запишіть інформацію про них до таблиці «Речовини в моєму організмі».



Тема 6

Опора та рух

Спробуйте з'ясувати, скільки різних рухів ви робите протягом дня. Виявиться, що їх сотні. Усі вони — результат роботи вашої опорно-рухової системи. Які її компоненти відповідають за рухи? Яким є механізм їх здійснення?

На ці запитання ви знайдете відповідь у розділі «Опора та рух». Ви також дізнаєтеся про будову й функції скелета і м'язів; про будову кісткової тканини й розвиток кісток; про механізм скорочення м'язів і причини їх стомлення.

Розглянемо, як діють кістки й м'язи, коли ви, наприклад, згинаєте і розгинаєте руку в лікті.

§ 24 Значення опорно-рухової системи, її будова та функції. Кістки, хрящі

Значення опорно-рухової системи. Опорно-рухова система складається з кісток та м'язів, які функціонують узгоджено. Головними завданнями цієї системи є підтримання форми тіла, забезпечення його опори, захист внутрішніх органів та, найголовніше, рух.

Функцію підтримання форми тіла опорно-рухова система здійснює завдяки взаємному розташуванню її складових, що пов'язано з прямоходінням.

Опорна функція полягає в тому, що кістки створюють каркас, який зумовлює положення внутрішніх органів і не дає їм зміщуватися.

Кістки також виконують ***захисну функцію***. Наприклад, кістки черепа утворюють «коробку» для головного мозку, каркас грудної клітки захищає легені й серце.

Рухова функція можлива лише за умови взаємодії кісток та м'язів. Це добре видно на прикладі згинання-розгинання руки. Скелет і м'язи працюють разом, як важіль. Важіль — це стрижень, який обертається навколо точки опори під дією прикладеної до нього сили. Саме з таких елементів складається система, яка згинає й розгинає руку в лікті **(мал. 24.1)**. Кістки передпліччя є стрижнем,

у ліктьовому суглобі розміщується точка опори, передпліччя й кисть є об'єктами, які необхідно перемістити.

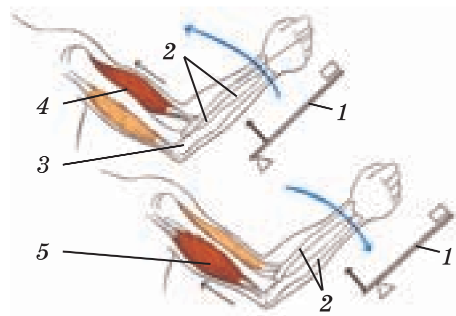
Сили, що діють на стрижень-передпліччя, є наслідком скорочення двох м'язів, прикріплених по різні боки від точки опори — біцепса і трицепса. Таке прикріплення цих м'язів обумовлює відмінність в ефектах, які виникають унаслідок їх скорочення. У згинанні руки бере участь біцепс, а в розгинанні — трицепс.

Кістки і хрящі в будові опорно-рухової системи. Аби спільна робота м'язів і кісток стала можливою, м'язи прикріплюються до кісток за допомогою сухожиль, а зв'язки утримують кістки разом у суглобі **(мал. 24.2)**. Щоб унаслідок тертя кістки в суглобі не руйнувалися, їхні поверхні вкриті хрящем.

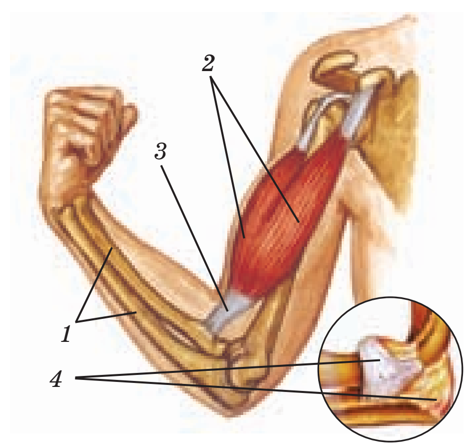
Кістки, хрящі, сухожилля і зв'язки утворені різними типами сполучної тканини, а м'язи — м'язовою тканиною. Зі структурою м'язової тканини ми ознайомимося в наступних параграфах, а зараз розглянемо будову кісткової та хрящової тканин.

Кісткова тканина. Кісткова тканина, як і будь-яка інша, складається з двох головних компонентів — клітин і міжклітинної речовини. Твердість і пружність кісткової тканини зумовлені саме особливостями її міжклітинної речовини.

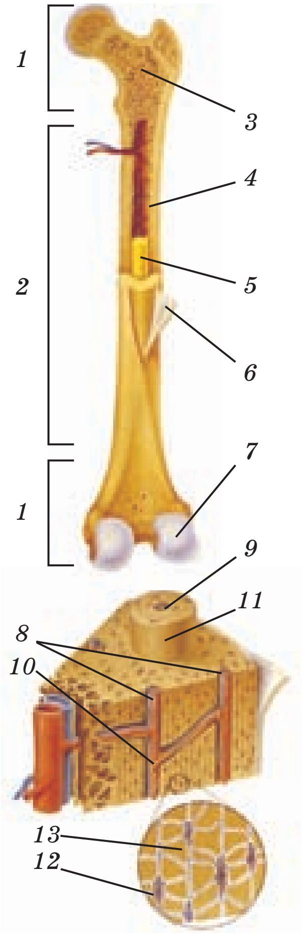
Клітини цієї тканини ***остеоцити*** складають невеличку частку її маси. Остеоцити сполучаються між собою тонкими відростками, а назовні продукують головний органічний компонент міжклітинної речовини — білок колаген. Саме колаген надає кісткам пружності. До 75 % маси кістки припадає на інші компоненти міжклітинної речовини, які надходять до кістки ззовні, а не продукуються остеоцитами,— мінеральні сполуки Кальцію та Фосфору.



Мал. 24.1. Під час руху м'язи й кістки працюють, як важіль: *1* — важіль; *2* — кістки передпліччя; *3* — ліктьовий суглоб; *4* — біцепс, що скорочується; *5* — трицепс, що скорочується



Мал. 24.2. Компоненти опорно-рухової системи: *1* — кістки; *2* — м'язи; *3* — сухожилля; *4* — зв'язки



Мал. 24.3. Будова трубчастої кістки: *1* — епіфізи; *2* — діафіз; *3* — губчаста речовина, що містить червоний кістковий мозок; *4* — компактна речовина; *5* — жовтий кістковий мозок; *6* — окістя; *7* — хрящ; *8* — кровоносні судини; *9* — центральний канал остеона; *10* — нерв; *11* — остеон; *12* — остеоцит; *13* — міжклітинна речовина

Ці компоненти надають кісткам твердості й міцності. Якщо занурити кістку в 5%-й розчин хлоридної кислоти, з неї видаляються мінеральні речовини. Кістка втрачає твердість і стає гнучкою, як гума. Якщо кістку прожарювати на малому вогні, вода випаровується, а органічні речовини згоряють. Кістка, у якій збереглася лише неорганічна складова, залишається твердою, проте стає крихкою, як скло.

Хоч нам і здається, що кісткова тканина весь час зберігається незмінною, насправді це не так: вона зазнає перебудов протягом усього життя. Кістки пронизані кровоносними капілярами, які приносять до остеоцитів необхідні їм речовини.

Хрящова тканина менш тверда, проте пружніша за кісткову. Клітини хрящової тканини — ***хондроцити*** — теж продукують колаген. На відміну від кісткової тканини, колаген у хрящах не «інкрустується» мінеральними солями, а зв'язує вуглеводи, які, у свою чергу, зв'язують багато води. Кровоносних судин у хрящах немає. Необхідні для хондроцитів речовини переносяться за рахунок дифузії завдяки високому вмісту води в хрящах з навколишніх тканин.

Твердість і пружність хряща залежать від його розміщення в скелеті. Міцні гіалінові хрящі вкривають суглобові поверхні кісток, еластичні утворюють основу надгортанника, вушної раковини тощо, а пружні волокнисті хрящі — міжхребцеві диски.

Будова кістки. Яку будову мають кістки **(мал. 24.3)**? Довга трубчаста кістка — це порожнистий стрижень (***діафіз***), на кінцях якого розташовані потовщення — головки (***епіфізи***). Зовні кістка вкрита окістям — щільною оболонкою зі сполучної тканини, яка пронизана нервами і кровоносними судинами.

І стінка діафіза, й епіфізи складаються з кісткових пластинок, проте конструкції, які вони утворюють у цих частинах кістки, відрізняються. Стінка діафіза побудована з безлічі циліндрів — остеонів: у них пластинки роз-

ташовані концентрично. По центру кожного остеона проходить канал, у якому розміщені кровоносні судини й нерви. Остеони щільно прилягають один до одного, утворюючи міцну структуру, яку традиційно називають компактною речовиною.

В епіфізах кісткові пластинки формують так звану губчасту речовину — конструкцію, схожу на мереживо. Губчасту будову мають не лише епіфізи трубчастих кісток, але й короткі кістки. Губчаста речовина надає кістці легкості, не зменшуючи її міцності.

Порожнина діафіза заповнена жовтим кістковим мозком, який містить багато жиру. У губчастій речовині епіфізів розміщується червоний кістковий мозок, що бере участь в утворенні клітин крові. Жоден із цих «мозків» не стосується нервової системи, це різновиди сполучної тканини.

1. Відобразіть за допомогою схеми зміст частини тексту, де йдеться про різноманітність функцій опорно-рухової системи. Порівняйте свою роботу й роботу товариша.

2. Розгляньте мал. 24.1, знайдіть місця прикріплення до кісток м'язів біцепса і трицепса. Визначте, який з них згинає руку в передпліччі, який — розгинає. За допомогою схеми поясніть товаришу, що відбувається під час скорочення біцепса, а що — коли скорочується трицепс.

3. Складіть перелік усіх складових опорно-рухової системи. Нехай ваш товариш перевірить його за текстом і охарактеризує кожну складову.

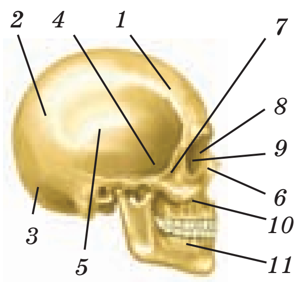
4. Завершіть складання докладного плану частини параграфа, де йдеться про склад і будову кісток:
а) *кісткова тканина: клітини й міжклітинна речовина; хімічний склад…;*
б) *хрящова тканина:* … .

1. Назвіть функції опорно-рухової системи. **2.** З яких елементів складається опорно-рухова система? **3.** У чому відмінність між епіфізом і діафізом, компактною й губчастою речовиною? **4.** Доведіть, що опорна функція реалізується за допомогою не лише скелета, але й м'язів. **5.** Що таке червоний кістковий мозок, яку функцію він виконує? **6*.** У 1889 р. в Парижі за проектом інженера Ейфеля було споруджено славнозвісну вежу. Відомо, що під час створення проекту інженер використав як основу будову губчастої речовини гомілкової кістки. Чим зумовлена ця схожість? Якої мети, на вашу думку, хотів досягти інженер? **7*.** Поміркуйте, чому компактна речовина кісток складається із численних трубочок. Як це сприяє твердості кістки за найменшої витрати кісткового матеріалу?

§ 25 Огляд будови скелета. З'єднання кісток

Огляд будови скелета. У скелеті людини виділяють ті самі відділи, що і в інших ссавців: скелети голови, тулуба й кінцівок **(мал. 25.3)**.

Скелет голови — це ***череп***. У черепі розрізняють мозковий та лицьовий відділи. До мозкового відділу належать парні тім'яні та скроневі кістки й непарні лобова та потилична кістки **(мал. 25.1)**. Кістки мозкового відділу черепа надійно захищають мозок. У потиличній кістці є великий отвір, крізь який до порожнини черепа проходить спинний мозок, а через безліч дрібних отворів — нерви та кровоносні судини. Найбільшими в лицьовому відділі є кістки щелеп: нерухома верхня й рухома нижня. На них розташовані зуби, корені яких входять до спеціальних кісткових комірок цих кісток. Мозковий відділ черепа людини більший за лицьовий, оскільки мозок людини більш розвинений, ніж в інших ссавців. А от унаслідок зміни типу їжі щелепи в людини розвинені менше. Окрім захисту головного мозку, череп також є вмістилищем органів чуттів.

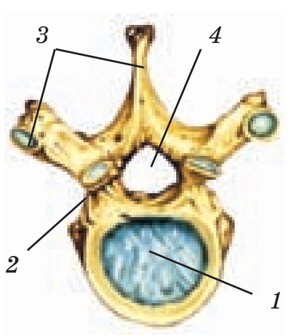


Мал. 25.1. Череп людини. Мозковий відділ: *1* — лобова, *2* — тім'яна, *3* — потилична, *4* — клиноподібна, *5* — скронева кістки; лицьовий відділ: *6* — носова, *7* — вилична, *8* — слізна, *9* — гратчаста кістки, *10* — верхня щелепа, *11* — нижня щелепа

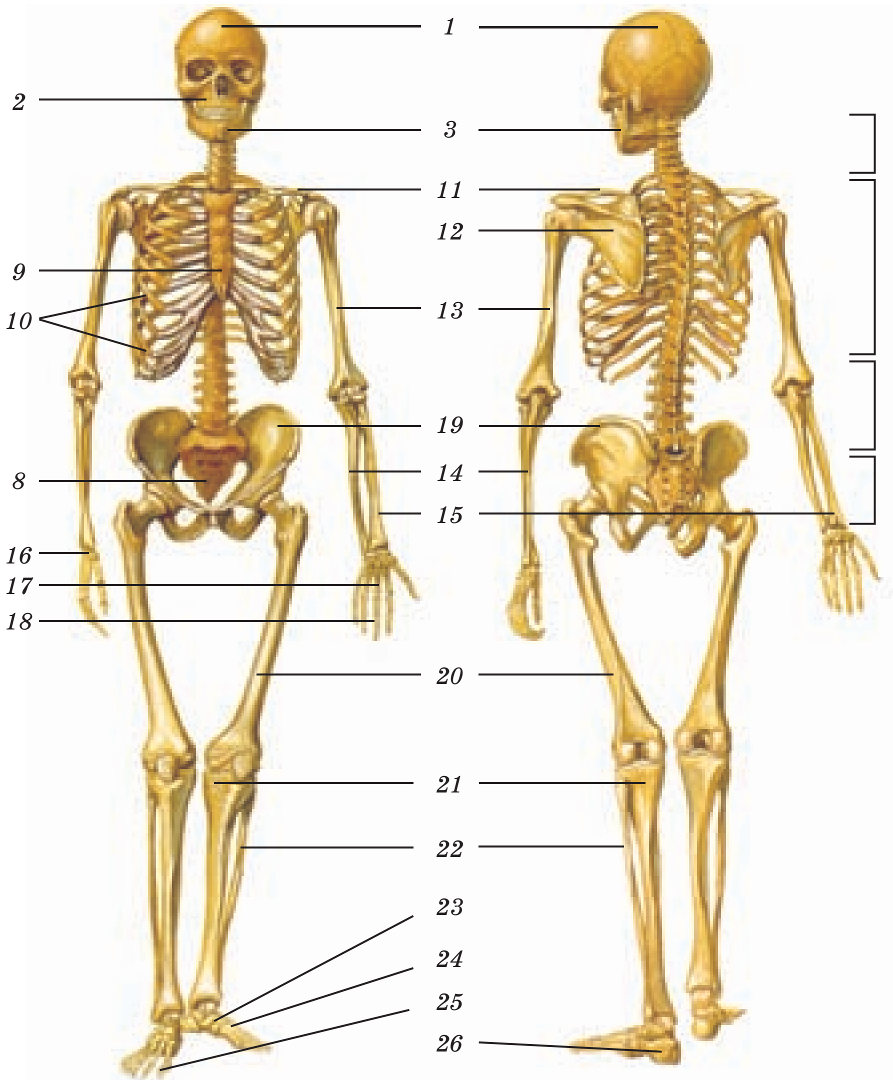
У скелеті тулуба вирізняють ***хребет*** і ***грудну клітку***. Хребет є основою скелета тулуба. Він утворений 33–34 хребцями. До хребців **(мал. 25.2)** прикріплюються м'язи. Дуга й тіло хребця утворюють кільце. Хребці розташовані один над одним так, що їхні тіла утворюють хребетний стовп, а кільця — хребетний канал, який формує кістковий футляр для спинного мозку.

У хребті виділяють шийний, грудний, поперековий, крижовий та куприковий відділи.

До ***шийного відділу*** належать сім хребців. Цікавою є будова перших двох хребців, які мають спеціальні назви — атлант і епістрофей. Тіло першого хребця, атланта, приросло до тіла другого хребця, епістрофея, і сформувало зуб. Зуб є віссю, навколо якої повертається перший хребець разом із головою в горизонтальній площині. Це відбувається, наприклад, коли ми відмовляємося від чогось жестом — рухом голови.



Мал. 25.2. Будова грудного хребця: *1* — тіло; *2* — дуга; *3* — відростки; *4* — хребтовий отвір



Мал. 25.3. Скелет людини. Череп: *1* — кістки мозкового відділу; *2* — верхня щелепа; *3* — нижня щелепа. Хребет: *4* — шийний відділ; *5* — грудний відділ; *6* — поперековий відділ; *7* — крижовий відділ; *8* — куприк. Грудна клітка: *9* — грудина; *10* — ребра. Скелет верхніх кінцівок: *11* — ключиця; *12* — лопатка; *13* — плечова, *14* — ліктьова, *15* — променева кістки; *16* — кістки зап'ястка; *17* — кістки п'ястка; *18* — фаланги пальців. Скелет нижніх кінцівок: *19* — тазова, *20* — стегнова, *21* — велика гомілкова, *22* — мала гомілкова кістки; *23* — кістки передплесна; *24* — кістки плесна; *25* — фаланги пальців; *26* — кістка п'яти

У складі ***грудного відділу*** вирізняють дванадцять хребців, до яких з двох боків кріпляться ребра. Десять пар ребер іншим кінцем спереду з'єднуються з грудиною. Дві пари ребер (нижні) закінчуються вільно. Грудні хребці, ребра і грудина разом формують грудну клітку. Грудна клітка захищає легені, серце, шлунок. Рух ребер забезпечує вдих та видих. У чоловіків грудна клітка ширша, ніж у жінок.

За грудним розташований ***поперековий відділ*** хребта. Він складається із 4–5 хребців, які є наймасивнішими й найміцнішими: унаслідок прямоходіння ця частина хребта зазнає найбільших навантажень.

Хребці наступного, ***крижового відділу*** зрослися між собою, як і куприкові хребці. Куприкові хребці нерозвинені й відповідають хвостовим хребцям тварин.

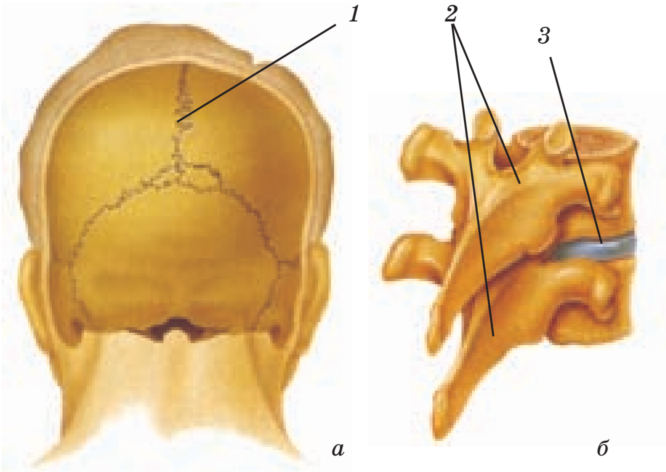
Хребет має чотири вигини, які надають йому пружності: ця властивість дає змогу запобігти струсу мозку під час стрибків.

Скелет кінцівок складається з двох відділів: скелета верхніх кінцівок і скелета нижніх кінцівок. У скелеті верхніх кінцівок вирізняють скелет ***плечового пояса*** і ***скелет рук***. До скелета плечового пояса належать парні кістки: дві лопатки і дві ключиці. Ці кістки створюють опору для приєднаних до них рук. Кістки скелета верхніх кінцівок у чоловіків масивніші, ніж у жінок.

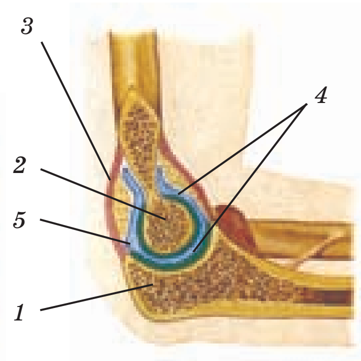
У ***скелеті руки*** є три відділи: плече, передпліччя і кисть. ***Плече*** має лише одну плечову кістку. ***Передпліччя*** утворене двома кістками: ліктьовою та променевою. Плечова кістка сполучена ліктьовим суглобом з кістками передпліччя, а передпліччя рухомо з'єднується з кістками кисті. У ***кисті*** розрізняють три відділи: зап'ясток, п'ясток і фаланги пальців. Скелет зап'ястка утворений кількома короткими губчастими кістками. П'ять найдовших кісток п'ясті становлять скелет долоні й дають опору фалангам — кісткам пальців. Особливістю будови кисті людини є розташування фаланг великого пальця, який може розміщуватися перпендикулярно до всіх інших. Це дає змогу людині виконувати різноманітні точні рухи.

Скелет нижніх кінцівок складається зі ***скелета тазового пояса*** і ***скелета ніг***. Тазовий пояс утворений двома масивними плоскими тазовими кістками. Ззаду вони міцно сполучені з крижовим відділом хребта, а спереду — одна з одною. Тазовий пояс підтримує внутрішні органи знизу. Таку будову він має лише в людини, що зумовлено прямоходінням. Тазовий пояс у жінок ширший, ніж у чоловіків.

Скелет ніг складається з кісток стегна, гомілки й стопи, які пристосовані до значних фізичних навантажень. ***Стегно*** утворене однією стегновою кісткою, яка є наймасивнішою кісткою в скелеті людини. Її розвиток зумовлений навантаженням, яке вона переносить



Мал. 25.4. Нерухоме з’єднання кісток черепа (*а*); напіврухоме з’єднання хребців (*б*): *1* — кістковий шов; *2* — хребці; *3* — диск



Мал. 25.5. Рухоме з’єднання кісток у суглобі: *1* — суглобова западина; *2* — суглобова головка; *3* — суглобова сумка; *4* — хрящ; *5* — суглобова рідина

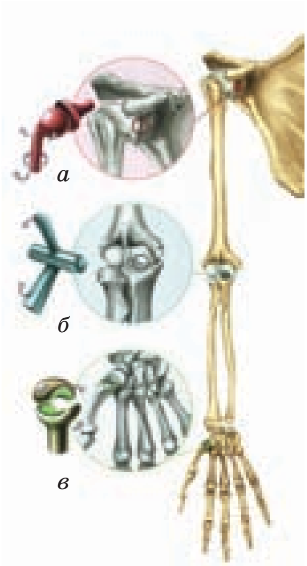
у зв’язку з прямоходінням. У складі ***гомілки*** вирізняють дві кістки — велику гомілкову й малу гомілкову. Рухома стопа утворена короткими кістками передплесна, серед яких кістка п’яти є наймасивнішою, а також п’яти довгих кісток плесна й кісток фаланг пальців. Кістки стопи формують склепіння стопи, яке є амортизатором під час ходьби. Кістки скелета ніг у чоловіків масивніші, ніж у жінок.

З’єднання кісток. Кістки скелета можуть бути з’єднані в різні способи — нерухомо, напіврухомо й рухомо.

Нерухоме з’єднання **(мал. 25.4 а)** характерне для більшості кісток черепа: численні виступи однієї кістки розміщуються в заглибленнях іншої, утворюючи міцний кістковий шов. Нерухомо з’єднуються кістки й унаслідок зрощення. Так сполучені між собою хребці куприка.

Напіврухомо з’єднані між собою хребці за допомогою дисків — еластичних хрящових прокладок **(мал. 25.4 б)**. Хребці «ковзають» відносно один одного, але їхня рухливість обмежена. Саме завдяки такому з’єднанню ви можете нахилити тулуб, повертатися тощо.

Рухоме з’єднання кісток — ***суглоб*** **(мал. 25.5)**, який забезпечує найскладніші рухи кінцівок. На одній із кісток розміщується суглобова западина, у яку входить головка іншої кістки. Їхні поверхні вкриті шаром гладенького хряща. Кістки в суглобі щільно стягнуті зв’язками — міцними тяжами зі сполучної тканини.



Мал. 25.6. Види суглобів: з трьома осями обертання (*а*); з однією віссю обертання (*б*); з двома осями обертання (*в*)

Суглобове з'єднання ззовні оточене ***суглобовою сумкою***, клітини якої виділяють в'язку суглобову рідину. Вона зменшує тертя кісток у суглобі під час їхнього руху. Суглоби різняться за формою й кількістю осей обертання **(мал. 25.6)**. Найбільшу рухомість мають кістки в суглобах з трьома осями, а найменшу — з однією віссю обертання. У разі нерухомого з'єднання кістки не рухаються одна відносно одної, напіврухомого — рухаються обмежено, у разі рухомого з'єднання обертання в них більше, ніж у разі напіврухомого.

§

1. Використовуючи текст параграфа й мал. 25.1, складіть таблицю «Будова скелета людини». У лівому стовпчику зазначте відділи скелета, у правому — кістки, що належать до кожного з відділів. Перевірте один одного.
2. Прочитавши текст параграфа, складіть три запитання про будову скелета верхніх і нижніх кінцівок. Запропонуйте товаришу відповісти на них.
3. За мал. 25.3 і текстом параграфа охарактеризуйте складові суглоба. Що таке суглобова рідина й де вона міститься?

?

1. З яких відділів складається скелет людини? **2.** Чому в дорослої людини мозкова частина черепа переважає над лицьовою? **3.** Якими є функція й особливості будови хребта? **4.** Покажіть на малюнку, де розміщуються променева кістка, стегнова кістка, грудина, ребра. **5.** Розкажіть про будову суглоба. **6.** Знайдіть у своєму тілі чотири рухомі з'єднання кісток. **7*.** Якими є відмінності в будові скелета жінки й чоловіка? **8*.** Чому грудна клітка в собаки сплюснута з боків, а в людини — у передньо-задньому напрямку?

§ 26 Функції та будова скелетних м'язів

Скелетна м'язова тканина. Основа скелетних м'язів — ***посмугована м'язова тканина***, яка здатна скорочуватися. Ця тканина складається з пучків м'язових волокон, діаметр яких може становити 0,01–0,1 мм, а довжина може сягати кількох сантиметрів. М'язове волокно утворюється внаслідок часткового об'єднання мембран, цитоплазми та скорочувального апарату безлічі окремих клітин. У волокні

міститься багато мітохондрій, а його ядра відтіснені до мембрани довгастими білковими утвореннями — ***міофібрилами***, які заповнюють цитоплазму. Основними білками міофібрил є ***актин*** і ***міозин***.

Молекули міозину утворюють товсті нитки, а молекули актину — тонкі **(мал. 26.1 а)**. Нитки актину кріпляться до внутрішньоклітинних мембран. Між нитками актину розташовані міозинові нитки. Ділянку між двома мембранами називають ***саркомером***. Він і є структурним та функціональним елементом скорочувального апарату м'язового волокна.

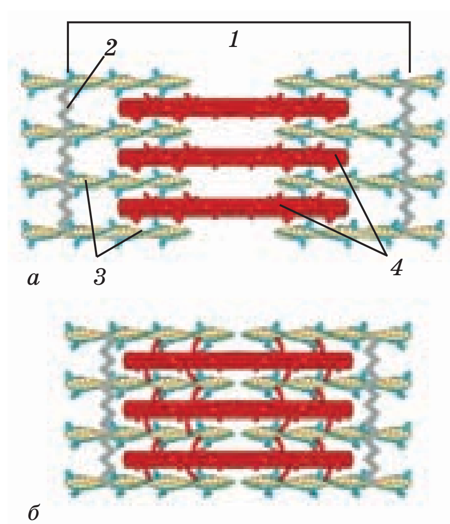
У розслабленому волокні нитки актину й міозину перекривають одна одну лише частково. Під мікроскопом зони, де розташовані й ті, й інші нитки, мають вигляд поперечних темних смуг на м'язовому волокні, тому скелетну м'язову тканину називають ***посмугованою***.

Хоча актин і міозин називають скоротливими білками, їхні молекули не коротшають. Проте нитки актину можуть переміщуватися вздовж міозину, зменшуючи довжину саркомера **(мал. 26.1 б)**. Як це відбувається?

Молекули міозину мають рухомі елементи — головки. Якщо до волокна надходить нервовий імпульс, головки міозину чіпляються до ниток актину, підтягуючи їх одна до одної. Один такий рух — і актинові нитки зближаються на кілька нанометрів. Ці рухи повторюються багаторазово і в усіх саркомерах. Відстань між нитками актину зменшується, укорочуються й саркомери. Зменшується також довжина м'язового волокна, або, як кажуть, воно скорочується. Коли більшість головок міозину відчіпляються від актину, його нитки повертаються у вихідний стан, а волокно розслаблюється.

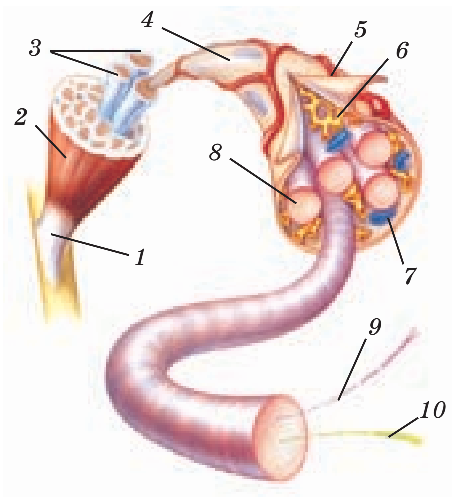
Нервові імпульси по закінченнях одного нейрона одночасно надходять до цілої групи м'язових волокон. Проте різні групи волокон у м'язі можуть скорочуватися як одночасно, так і послідовно. Одночасне скорочення всіх груп волокон може зменшити довжину м'яза на 1/3 від вихідної.

Стан усіх м'язів увесь час контролюється нервовою системою. Коли ви

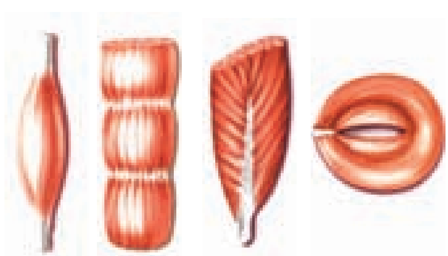


Мал. 26.1. Саркомер під час розслаблення м'яза (*а*); укорочення саркомера (*б*): *1* — саркомер; *2* — внутрішньоклітинні мембрани; *3* — актин; *4* — міозин

йдете або сидите, скорочуються не тільки ті з них, що беруть участь у рухах або підтриманні пози. «Вільні» м'язи також перебувають у стані помірного скорочення — м'язовому тонусі. Завдяки цьому м'яз може швидко підключитися до здійснення руху. Під час сну або втрати свідомості тонус м'язів знижується.



Мал. 26.2. Будова скелетного м'яза: *1* — сухожилля; *2* — оболонка м'яза; *3* — м'язові пучки; *4* — м'язове волокно; *5* — плазматична мембрана; *6* — ендоплазматична сітка; *7* — мітохондрії; *8* — міофібрили; *9* — актинові нитки; *10* — міозинові нитки



Мал. 26.3. Види м'язів: веретеноподібний (*а*); паралельний (*б*); перистий (*в*); коловий (*г*)

На скорочення м'яза витрачається до 40 % енергії, яка вивільнюється під час розщеплення молекул АТФ у м'язових волокнах. Решта енергії розсіюється у вигляді тепла, тому ви відчуваєте себе розпаленими після бігу.

Будова скелетного м'яза (мал. 26.2). М'яз складається з пучків м'язових волокон. Кожне волокно, пучок і власне м'яз вкриті оболонками зі сполучної тканини. Спільну сполучнотканинну оболонку, яка вкриває весь м'яз, називають фасцією.

У будові м'яза вирізняють ***черевце*** й ***сухожилля***. Черевце сформоване пучками м'язових волокон, а сухожилля утворене щільною сполучною тканиною. Воно тісно зростається з окістям. Під час напруги сухожилля стимулюють відділення кісткової речовини. Тому в людей, які зайняті важкою фізичною працею, поверхня кісток буває шорсткою й горбкуватою. Пучки волокон пронизані безліччю кровоносних капілярів, а на кожному волокні розміщуються закінчення нейронів, які беруть участь у регуляції роботи м'яза.

М'язи відрізняються за розташуванням м'язових пучків відносно сухожиль **(мал. 26.3)**. У ***паралельному м'язі*** пучки розташовані паралельно подовжній осі м'яза. Він може мати веретеноподібну форму, як біцепс, або бути пласким, як кравецький м'яз стегна. У ***перистому м'язі*** пучки приєднуються до сухожилля під кутом, як опахала

до стрижня у пташиному пері. Так розташовані пучки в литці. У ***колових м'язах***, наприклад у коловому м'язі рота, пучки утворюють кільця. Розміщення м'язових пучків впливає на силу м'язів — найбільшою вона є у перистих м'язів.

1. За описом у тексті й мал. 26.2 разом з товаришем проаналізуйте механізм м'язового скорочення. Дійте за таким планом:
   а) будова м'язового волокна;
   б) як влаштований саркомер;
   в) що відбувається у саркомері під дією нервового імпульсу;
   г) що таке м'язовий тонус.
2. Складіть три запитання, на які можна знайти відповідь у частині тексту «Будова скелетного м'яза». Поставте їх товаришу.
3. За текстом доповніть запис: *за розташуванням відносно… розрізняють…; за положенням м'язових пучків…* .

1. Поясніть, чому скелетну м'язову тканину називають посмугованою. **2.** Що таке тонус м'язів? **3.** Опишіть будову м'яза. Що таке сухожилля? **4.** Поясніть різницю між м'язовим волокном і м'язовим пучком. **5.** Чому в м'язових волокнах міститься багато ядер? велика кількість мітохондрій? **6.** На які процеси витрачається енергія, яка вивільнюється з молекул АТФ у м'язових волокнах? **7*.** У чому причина відмінностей у вигляді поверхні кісток у людей з різним фізичним навантаженням? **8*.** Чому під час тремтіння (швидкого, але слабкого скорочення м'язів) організм зігрівається?

§ 27 Основні групи скелетних м'язів

Загальна характеристика м'язів людини. В організмі людини налічують понад 650 м'язів. М'язи зазвичай складають близько 40 % маси тіла, а у спортсменів цей показник ще вищий.

Залежно від місця в організмі та функцій, які вони виконують, форма м'язів дуже різниться. Розрізняють ***довгі*** й ***короткі*** м'язи, ***широкі*** та ***колові***. Довгі м'язи зазвичай прикріплюються до кінцівок і спричиняють їхній рух, широкі — утворюють стінки тулуба. Найменші м'язи розміщуються у вусі та прикріплюються до слухових кісточок, а найбільші — сідничні м'язи — змушують рухатися нижні кінцівки. Колові м'язи оточують отвори (наприклад, ротовий, анальний), і внаслідок скорочення цих м'язів отвори відкриваються і закриваються.

Зазвичай скелетні м'язи одним кінцем кріпляться до однієї кістки, а другим — до іншої. Скорочення м'яза призводить до згинання

або розгинання кінцівки в суглобі, яким з'єднані ці кістки. Якщо скорочення м'яза спричинюють розгинання кінцівки, такий м'яз є ***розгиначем***, як трицепс, якщо згинання — ***згиначем,*** як біцепс **(див. § 24)**. Розрізняють м'язи, що ***приводять*** кінцівки до тулуба й ***відводять*** кінцівки від тулуба. Є ще ***м'язи-обертачі***. У разі одночасного скорочення вони повертають частину тіла в один бік.

М'язи є ***синергістами***, якщо забезпечують рух частин тіла в одному напрямку, й ***антагоністами*** — якщо в протилежних. Наприклад, синергістами є біцепс і плечовий м'яз, що згинають кінцівку в ліктьовому суглобі, або трицепс і ліктьовий м'яз, які її розгинають. А от біцепс і трицепс — це м'язи-антагоністи.

Назви м'язів походять від їх розташування в тілі (міжреберний, підколінний), форми м'яза (дельтоподібний, ромбоподібний) і його розташування відносно вертикальної осі тіла (косий і прямий м'язи живота).

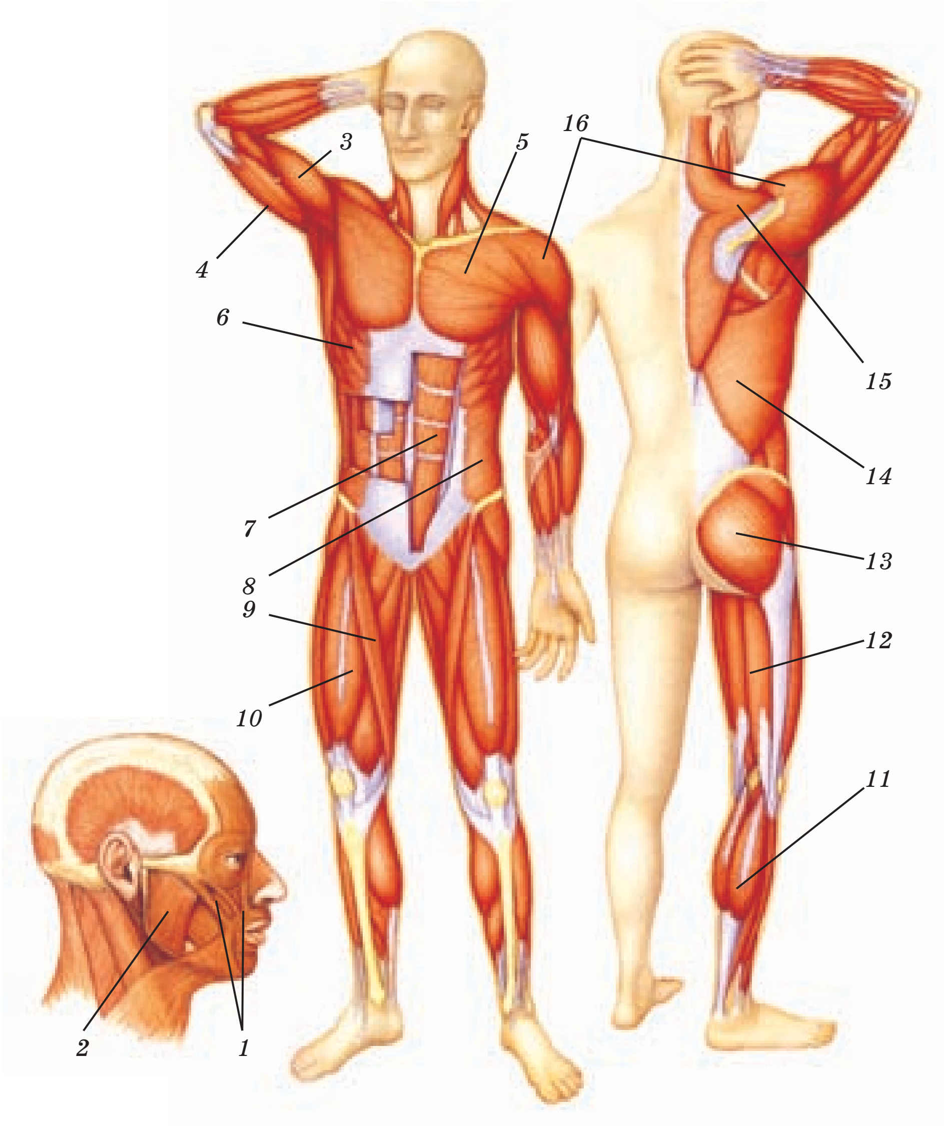
Групи скелетних м'язів (мал. 27.1). У скелетній мускулатурі вирізняють м'язи голови і шиї, тулуба, верхніх і нижніх кінцівок.

Серед ***м'язів голови*** вирізняють ***жувальні*** й ***мімічні***. Жувальні м'язи переміщують нижню щелепу вперед і назад, а також у боки, забезпечуючи можливість пережовування їжі. До речі, жувальні м'язи — одні з найсильніших в організмі людини. Мімічні м'язи одним кінцем прикріпляються до кісток черепа, а другим — до шкіри обличчя. Під час їх скорочення ділянки шкіри зсуваються і вираз обличчя змінюється. До мімічних м'язів належить коловий м'яз рота. Він забезпечує рухи губ.

Найбільшими ***м'язами шиї*** є парні ***грудинно-ключично-соскоподібні м'язи***. Ви можете намацати цей м'яз праворуч, повернувши голову наліво, і навпаки. Грудинно-ключично-соскоподібні м'язи працюють як антагоністи, коли ми повертаємо голову направо або наліво, і як синергісти, коли ми опускаємо голову.

До ***м'язів тулуба*** належать грудні м'язи, м'язи живота і м'язи спини. Частина ***грудних м'язів*** бере участь у рухах рук, а міжреберні м'язи й діафрагма — у дихальних рухах. Поверхневі ***м'язи спини*** також забезпечують рухи рук і частково голови й шиї. Глибинні м'язи спини розгинають і повертають тулуб, підтримують його у вертикальному положенні.

М'язи живота (черевний прес) утворюють стінку черевної порожнини, утримують внутрішні органи в сталому положенні, беруть участь у рухах тулуба вперед і вбік. Якщо ці м'язи слабкі й нетреновані, то під час навантаження вони можуть розходитися, а в утворені під шкірою отвори можуть випадати петлі кишки. Так утворюються грижі.



Мал. 27.1. Скелетні м'язи людини: *1* — мімічні м'язи; *2* — жувальні м'язи; *3* — біцепс; *4* — трицепс; *5* — великий грудний м'яз; *6* — міжреберні м'язи; *7* — прямий м'яз живота; *8* — косий м'яз живота; *9* — кравецький м'яз; *10* — чотириголовий м'яз стегна; *11* — литковий м'яз; *12* — двоголовий м'яз стегна; *13* — великий сідничний м'яз; *14* — найширший м'яз спини; *15* — трапецієподібний м'яз; *16* — дельтоподібний м'яз

М'язи плечового пояса забезпечують рухи рук у плечовому суглобі й рух лопаток. Передня група м'язів плеча — це згиначі, а задня — розгиначі руки в ліктьовому суглобі. Передні м'язи передпліччя згинають кисть і пальці, а задні — розгинають. У русі пальців беруть участь і м'язи кисті.

М'язи пояса нижніх кінцівок здійснюють рухи ніг у кульшовому суглобі, випрямляють зігнутий уперед тулуб, підтримують вертикальне положення тіла. Важливою складовою передньої групи м'язів стегна є добре розвинений чотириголовий м'яз. Він згинає ногу в кульшовому суглобі й розгинає в колінному — саме такий рух відбувається під час удару футболіста по м'ячу. Антагоністом цього м'яза є сідничні м'язи стегна, які відводять ногу назад. Працюючи як синергісти, ці м'язи утримують корпус у вертикальному положенні, фіксуючи кульшові суглоби. Гомілкові м'язи передньої та задньої групи розгинають і згинають стопу й пальці. Станьте навшпиньки — і відчуєте напруження в литкових м'язах, які розміщуються на задніх поверхнях гомілок. Ці м'язи добре розвинені й беруть участь у ходьбі, стрибках тощо.

§

1. Користуючись текстом та мал. 27.1, разом із товаришем проведіть міні-вікторину. Нехай один із вас, користуючись текстом параграфа, називає м'яз, а інший за текстом визначає групу, до якої цей м'яз належить, і його функцію.
2. Використовуючи текст параграфа і мал. 27.1, складіть таблицю «Групи скелетних м'язів». У лівому стовпчику зазначте групи м'язів, у правому стовпчику — м'язи, що належать до кожної з груп.

?

1. Від чого залежить форма м'язів? **2.** Чому мімічні м'язи відносять до скелетних? **3.** Які м'язи в людини є найсильнішими й чому? **4.** Які фізичні вправи можуть запобігти утворенню грижі й чому? **5.** Чому одні й ті самі м'язи можуть у різних ситуаціях бути й синергістами, й антагоністами? Наведіть приклади. **6*.** Серед м'язів, що розгинають і згинають ногу (мал. 27.1), знайдіть м'язи-антагоністи і м'язи-синергісти. **7*.** Знайдіть на мал. 27.1 кравецький м'яз. Спробуйте пояснити, чому він отримав таку назву.

§ 28 Робота м'язів. Утома м'язів

Робота м'язів. Пригадаємо: в опорно-руховій системі кістки працюють, як важелі, а м'язи відповідають за їх переміщення. Отже, під час скорочення м'язи виконують ***механічну роботу***. Цю фізичну

величину визначають як добуток сили на відстань, на яку ця сила переміщує вантаж.

Робота, яку здатний виконати м'яз, залежить від кількох його властивостей. Насамперед — від ***сили м'яза***. Сила м'яза залежить від його здатності скорочуватися, долаючи навантаження. Вона визначається кількістю м'язових волокон у м'язі, показником якої є площа його поперечного перерізу. Проте м'яз розвиває різну силу залежно від того, скільки груп волокон скорочується в ньому одночасно. Отже, сила м'яза залежить і від його нервової регуляції.

У складі м'яза є м'язові волокна двох типів. У так званих ***білих м'язових волокнах*** густота міофібрил значно більша, ніж у ***червоних***. Білі волокна сильніші, проте вони витримують значні навантаження протягом короткого часу. За рахунок їхньої дії ви можете штовхнути ядро, підстрибнути тощо. Червоні м'язові волокна слабкіші, але вони пристосовані до тривалих навантажень: підтримання пози під час стояння, сидіння тощо. Отже, сила м'яза залежить від того, яких м'язових волокон у ньому більше — білих або червоних.

Робота, яку здатен виконати м'яз, визначається не лише його силою, а й витривалістю, тобто здатністю тривалий час підтримувати заданий ритм роботи. Має значення також тонус м'язів — постійне напруження, що досягається завдяки нервовим імпульсам, які надходять до м'язових волокон. Тонус м'язів важливий для підтримання необхідного діаметра кровоносних судин, утримання в певному положенні внутрішніх органів тощо.

Режими роботи і стомлення м'язів. Згадаймо: рука в лікті згинається, оскільки довжина м'яза під час скорочення зменшується. Коли ми утримуємо руку зігнутою, м'яз не розслаблюється. Отже, у м'язових волокнах тривають процеси, спрямовані на скорочення м'яза. Проте в той же час м'яз не скорочується. Чому?

У м'язі силі, що зумовлена зближенням актинових ниток у саркомерах, завжди протидіє сила пружності еластичних складових м'яза (оболонки, еластичних білків тощо). Що більше скорочується м'язове волокно, то більшою стає сила пружності, спрямована протилежно. Проте доки рівновага між силами у волокнах не порушується, довжина м'яза не змінюється. Якщо ж сила скорочення переважає силу пружності, м'язові волокна скорочуються, спричиняючи рух.

Режим роботи м'язів, за якого скорочення м'язів супроводжується зміною їхньої довжини, називають ***динамічним***. У динамічному режимі м'язи працюють під час рухів. У ***статичному*** режимі роботи скорочення м'язів не супроводжується їх укороченням. У такому режимі м'язи працюють, підтримуючи позу, утримуючи вантаж.

Як пов'язані режими роботи м'язів зі стомленням? Зниження працездатності м'язів, яке спричиняє відчуття втоми, виникає у вас, якщо ви довго тримаєте в руці важкий портфель. Що відбувається в цей час у м'язах? По-перше, виснажуються нейрони, які іннервують м'язи: зменшується продукція медіаторів і, відповідно, частота нервових імпульсів, що надходять до м'язових волокон. По-друге, під час скорочення м'яза в ньому стискуються капіляри, й обмін речовинами між ними й волокнами тимчасово припиняється. У волокнах вичерпується запас енергії й накопичуються шкідливі продукти метаболізму. Як наслідок — розвивається стомлення, і ви звільняєте руку від вантажу, розслаблюючи її м'язи.

М'язи стомлюються скоріше, працюючи в статичному режимі. Під час роботи в динамічному режимі скорочення чергується з розслабленням. Під час розслаблення і кровоплин у м'язах, і продукція медіаторів у нейронах відновлюються. Тому в динамічному режимі роботи працездатність м'язів зберігається довше.

Щоб підвищити працездатність м'язів, їх необхідно систематично тренувати, чергуючи навантаження з відпочинком. Відпочивши, м'язи набувають здатності виконувати ще більшу роботу, ніж до стомлення. Послідовно збільшуючи навантаження, працездатність м'язів можна розвинути. Проте їхня робота не має бути дуже тривалою й занадто інтенсивною. Це може призвести до тяжкої перевтоми, яка вичерпує енергетичні запаси м'язових волокон.

1. Запропонуйте своєму товаришу визначити, звертаючись до тексту, чи є помилки в наведених твердженнях, і перевірте його роботу:
   а) сила м'яза визначається кількістю м'язових волокон у ньому;
   б) показником сили м'яза є швидкість його скорочення;
   в) білі м'язові волокна сильніші й витриваліші за червоні;
   г) червоні м'язові волокна слабкіші, проте вони здатні витримувати навантаження довше, ніж білі;
   д) тонус м'язів — це стан розслаблення, у якому м'язи перебувають, коли не виконують роботи.
2. Завершіть складання плану до частини тексту, де йдеться про режим роботи м'язів і їх стомлення:
   а) скорочення м'яза і зміна його довжини;
   б) режими роботи м'язів;
   в) причини стомлення м'язів…
3. Доповніть речення:
   У… м'язових волокнах густина… значно більша, ніж у…, тому вони витримують… навантаження протягом короткого часу.

1. Чому для розрахунку механічної роботи м'язів важливо орієнтуватися в тому, яку силу вони мають? **2.** Визначте, від яких властивостей м'яза залежить його здатність виконувати роботу. **3.** У чому полягають відмінності між білими й червоними м'язовими волокнами? **4.** Чому під час м'язових навантажень у вас виникає відчуття втоми? **5.** Які явища в м'язових волокнах і нейронах спричиняють стомлення м'язів? **6.** У який спосіб можна привчити власні м'язи до тривалих навантажень, запобігти швидкому стомленню? **7*.** Наведіть приклад ситуацій, у яких ваші м'язи працюють у динамічному режимі; у статичному режимі. **8*.** Поміркуйте, чому на початку тренувань відбувається значне поліпшення спортивних результатів, а потім вони покращуються повільніше.

§ 29 Розвиток опорно-рухової системи людини з віком

Спостерігаючи за рухами малюка віком близько року й рухами людини похилого віку, важко не помітити, які вони різні. Рухи малюка, який лише навчився ходити, ще непевні. Маля постійно шукає опору, а роблячи кроки, сильно напружує м'язи ніг, часто падає й постійно проситься на ручки. Людина похилого віку ходить повільно, майже не відриваючи ніг від землі, інколи спираючись на палицю, її спина зазвичай зігнута. А от молода спортивна людина тримає спину рівною, її рухи впевнені та спритні, хода пружна. Ці відмінності в рухах і позі тіла зумовлені віковими змінами, які відбуваються в опорно-руховій системі.

Розвиток скелета людини з віком. Найбільш помітні вікові зміни відбуваються в хребті. Він інтенсивно росте в перші два роки життя дитини. Надалі його ріст уповільнюється і знову прискорюється з настанням статевого дозрівання. За цей час змінюється не лише довжина хребта. У зв'язку з прямоходінням у хребті людини утворюються вигини — ***лордози*** та ***кіфози***. Ці вигини виконують роль пружин під час ходьби, сприяють утриманню оптимальних поз тіла. Лордози й кіфози формуються у процесі індивідуального розвитку дитини **(мал. 29.1)**. Коли дитина вчиться тримати голову, утворюється шийний вигин до переду — шийний лордоз. Коли дитина вчиться сидіти, виникає грудний вигин до заду — грудний кіфоз. Під час набуття здатності стояти й ходити формується поперековий лордоз.

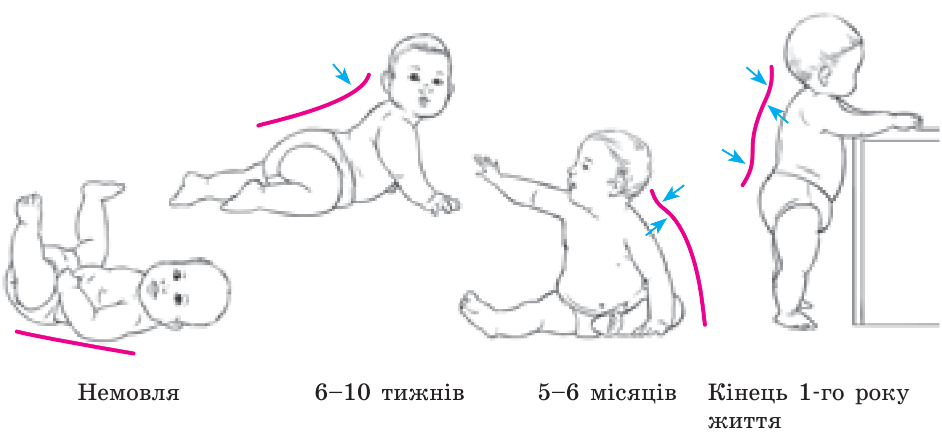
З віком набувають нових властивостей не лише хребет, а й інші відділи скелета. Так, протягом життя змінюється форма грудної клітки: у немовляти вона ніби стиснута з боків, у дорослої людини переважає поперековий розмір.

Дуже важливою зміною в скелеті кінцівок є формування склепіння стопи, яке пов'язане з прямоходінням. У маленької дитини склепіння не виражене, воно формується лише з початком ходіння. Під впливом навантажень, тісного взуття, тривалого стояння або сидіння склепіння стопи може сплющуватися, і це може призводити до швидкого стомлення під час ходьби.

Значні зміни відбуваються також у черепі. У немовляти кістки черепа з'єднані сполучнотканинними перетинками. Ці перетинки особливо великі там, де сходяться одразу кілька кісток. Такі місця називають ***тім'ячками***. Найбільше тім'ячко — лобне, воно заростає, тобто замінюється кістковою тканиною, лише у 1,5–2 роки. З'єднання кісток черепа за допомогою сполучнотканинних перетинок забезпечує можливість значного збільшення головного мозку протягом перших двох років життя дитини. Ріст кісток черепа нерівномірний, і в 13–14 років лицьовий відділ черепа починає переважати над мозковим.

Розвиток м'язової системи з віком. У процесі розвитку дитини різні групи м'язів ростуть нерівномірно. У немовлят у першу чергу розвиваються м'язи живота. З початком повзання і ходьби розвиваються м'язи кінцівок і спини. Загалом маса м'язів за весь період росту збільшується в 35 разів. У період статевого дозрівання збільшується довжина сухожиль. Ріст м'язів закінчується до 20–25 років.

Вікових змін зазнають не лише кількісні, але і якісні показники м'язової системи. Так, для м'язів немовлят характерний збільшений тонус. Він був потрібний дитині, щоб пологи пройшли нормально.



Мал. 29.1. Формування вигинів хребта (лордозів і кіфозів) у процесі індивідуального розвитку людини

У нормі підвищений тонус зникає протягом першого року життя з набуттям м'язами здатності розслаблюватися, готуючись до ходьби.

Коли дитина починає ходити, маса її м'язів збільшується, і цей процес повільно триває до періоду статевого дозрівання. Найінтенсивніше її ріст відбувається у віці 15–18 років. Ця зміна маси м'язів досягається їхнім подовженням, ростом сухожиль, а також за рахунок збільшення діаметра м'язових волокон. Збільшення м'язової маси з віком призводить до збільшення м'язової сили.

М'язи у дітей 7–11 років ще відносно слабкі, витримують лише короткочасне динамічне навантаження. Але вже у віці 14–15 років м'язи хлопців можуть витримувати тривале статичне напруження. У цьому ж віці починає проявлятися відмінність у м'язовій силі в дівчаток та хлопчиків, що необхідно враховувати, розподіляючи фізичне навантаження під час занять спортом.

Необхідною умовою нормального розвитку опорно-рухової системи є фізичні навантаження та рухова активність. Структура кісткової тканини, будова м'язів розраховані на помірні навантаження, нетяжкі спортивні вправи. За відсутності цих умов порушується нормальний розвиток опорно-рухової системи, спричинюючи її захворювання.

За недостатніх навантажень структура кісток змінюється: в губчастій речовині зменшується кількість кісткових перетинок, колагенові волокна стають менш пружними, порушується процес відкладання Кальцію в кістках. Це призводить до крихкості кісток, виникає ризик переломів. Негативні процеси відбуваються і в хрящовій тканині. У ній відкладаються мінеральні речовини, порушуючи її пружність та еластичність.

М'язи теж потребують постійних помірних навантажень. У разі їх відсутності кровообіг у м'язах зменшується, волокна поступово атрофуються, втрачають еластичність, їхня скоротлива здатність також знижується.

Для профілактики порушень розвитку опорно-рухової системи, а також процесів старіння необхідно присвячувати не менше двох годин на день активним вправам, рухливим видам діяльності, ходьбі, бігу тощо.

1. Разом з товаришем складіть план параграфа.
2. Доповніть речення: «*Вигини хребта до переду називаються…, а до заду — … і… формуються в процесі індивідуального розвитку, є пристосуваннями до прямоходіння*».
3. За текстом параграфа складіть декілька запитань щодо змін опорно-рухової системи з віком. Порівняйте, скільки запитань змогли скласти ви, скільки — ваш товариш. З'ясуйте, які з них найбільш цікаві.

1. Поспостерігайте за ходою людей різного віку: дитини, зрілої людини й людини похилого віку. Які відмінності ви помітили? **2.** Як і в якому віці формуються вигини хребта? Яке їхнє призначення? **3.** Що таке тім'ячко на черепі малюків і яка його функція? **4.** Які зміни відбуваються в м'язах у перші роки життя? **5.** Як можна сповільнити процеси старіння в опорно-руховій системі? **6*.** Чому швидке заростання тім'ячок є небажаним і небезпечним? **7*.** Поміркуйте над пристосувальним значенням змін, які відбуваються в опорно-руховій системі з віком.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Як запобігти хворобам і травмам опорно-рухової системи?

Викривлення хребта. Бічне викривлення хребта (***сколіоз***) розвивається зазвичай у дитячому віці через те, що дитина довго сидить за столом, зігнувшись убік. Із часом сколіоз призводить до випадіння міжхребцевих дисків, затискання нервів і, як наслідок, радикуліту, паралічу тощо. Профілактика сколіозу проста: це ранкова гімнастика, використання зручних меблів, дотримання правильної пози під час роботи за столом.

Плоскостопість — сплющення склепіння стопи, унаслідок чого людина спирається на всю підошву. Плоскостопість зазвичай буває набутою й розвивається в дітей через надмірне навантаження на зв'язки, м'язи й кістки, надмірну масу тіла, носіння взуття без підборів і на нееластичній підошві. Щоб запобігти плоскостопості, слід зміцнювати м'язи склепіння стопи: більше ходити босоніж по м'якій поверхні, ходити на носках, на п'ятах, на внутрішніх і зовнішніх краях стоп.

Переломи — це порушення цілісності кістки. Розрізняють переломи закриті (без пошкодження шкіри) і відкриті. У разі закритого перелому кісток кінцівки необхідно домогтися її нерухомості, жорстко зафіксувавши кістку вище й нижче від місця перелому. Зазвичай це роблять за допомогою спеціальних шин і бинта. Якщо під рукою їх немає, підійде негнучкий предмет (лінійка, шматок цупкого картону тощо), що завдовжки більший від зламаної кістки, і шматок тканини або мотузки. За підозри на перелом хребта постраждалого вкладають на жорстку поверхню. У разі відкритих переломів перед накладанням шини рану дезінфікують і накладають на неї пов'язку.

Вивих — ненормальний зсув суглобових поверхонь відносно одна одної. Вивих зазвичай супроводжується розривом суглобової сумки. Можливі й розриви сухожиль у місцях їх прикріплення до кістки, крововилив у навколишні тканини й суглоби. У разі вивиху

необхідно забезпечити суглобу цілковитий спокій. Якщо вивихнуто руку, її слід підвісити на косинці або бинті. Для зменшення болю до травмованого суглоба слід прикласти міхур з льодом або холодною водою. Після надання першої допомоги постраждалого слід негайно доправити до лікарні.

Гіподинамія — порушення функцій організму (опорно-рухового апарату, кровообігу, дихання, травлення) внаслідок обмеження рухової активності. На жаль, сьогодні на гіподинамію страждають навіть діти, що надають перевагу сидінню перед телевізором і комп'ютерним іграм. Якщо ви хочете запобігти проблемам зі здоров'ям, спричиненим гіподинамією, більше гуляйте, займайтеся спортом, грайте в рухливі ігри.

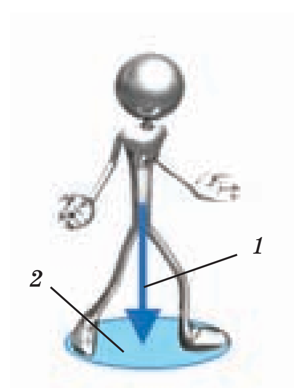
Наша лабораторія

Як ми зберігаємо рівновагу?

Що відбувається, коли, йдучи, ви спотикаєтеся? Ви мимоволі викидаєте одну ногу вперед, і, якщо вдається зробити це швидко, тіло зберігає вертикальне положення. Коли ви несете відро води в одній руці, ваше тіло відхиляється в протилежний бік, а іншу руку ви витягуєте майже горизонтально. Ці рефлекторні реакції організму збільшують стійкість вашого тіла, даючи змогу зберегти рівновагу.

Якими є умови рівноваги тіла людини? Як і будь-яке фізичне тіло, ваше тіло має площу опори й центр тяжіння. Площа опори визначається контуром, утвореним лініями, що з'єднують точки опори тіла **(мал. 1)**. Якщо ви стоїте рівно, центр тяжіння розташовується приблизно на рівні другого крижового хребця. Рівновага зберігається до тих пір, поки проекція центру тяжіння перебуває в межах площі опори вашого тіла.

Спробуйте встати зі стільця, не нахиляючись уперед або не підсунувши ноги під стілець,— вам це не вдасться! Коли ви сидите, проекція центру тяжіння вашого тіла виходить за межі того місця, де розташовані стопи. Щоб устати, потрібно прийняти таку позу, аби проекція опинилася між ступнями, тому ви мимоволі нахиляєтеся вперед або підсовуєте ноги під стілець. Виконуючи різні гімнастичні вправи, ви можете визначити, як зберігається рівновага в разі загрози виходу проекції центру тяжіння за межі точки опори.



Мал. 1. Умова збереження рівноваги: *1* — проекція центру тяжіння; *2* — площа опори

Проте в повсякденному житті людині потрібно не лише вміти тримати рівновагу, але й легко та вчасно порушувати її. Простежте за тим, як ви ходите. Ставши на одну ногу, наприклад на праву, ви слідом підводите її п'ятку й одночасно нахиляєте тулуб уперед. Зрозуміло, що за такої постави проекція центру тяжіння потрапляє поза площу опори, і ви мали б упасти вперед, утративши рівновагу. Проте цього не відбувається: лише падіння починається, як піднята ліва нога швиденько переміщується, стає перед проекцією центру тяжіння — і рівновага відновлюється. Щоб зробити наступний крок, ви повторите всю послідовність рухів. Цього разу відновлювати рівновагу, яка порушиться під час підняття лівої п'ятки, вам допоможе піднята вгору права нога. Отже, наша ходьба насправді є низкою падінь уперед, яким своєчасно запобігає та нога, що, опускаючись, стає опорною.

Підсумки

Головними функціями опорно-рухової системи людини є забезпечення опори, руху, а також захисту внутрішніх органів.

Опорно-рухова система людини складається зі скелета і м'язів. Скелет є системою важелів, а м'язи приводять ці важелі до руху.

Скелет людини сформований з кісткової та хрящової тканин, а м'язи — з посмугованої скелетної тканини.

У скелеті кістки можуть бути з'єднані нерухомо (кістки черепа), напіврухомо (хребці) і рухомо (кістки кінцівок).

Під час скорочення м'язи виконують механічну роботу в динамічному або статичному режимі. До більшого втомлення м'язів призводить статична робота.

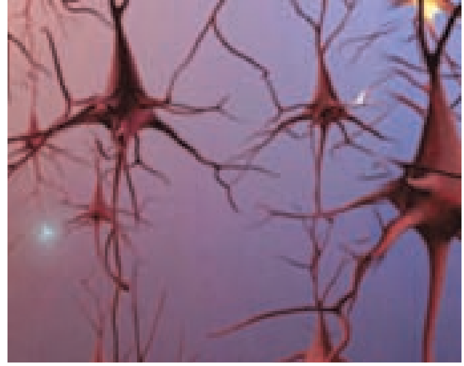
Для опорно-рухової системи характерні зміни з віком. Щоб довше зберігати здатність вільно рухатися й уникнути хвороб опорно-рухової системи, потрібно вести активний спосіб життя, обирати види спорту з помірним фізичним навантаженням.

Працюємо разом

Складіть по 4–5 запитань до кожного параграфа цього розділу. Оберіть журі, яке визначить найкращі з них. Проведіть вікторину «Що ми знаємо про опорно-рухову систему». Вирішіть, як краще її провести: в індивідуальній чи груповій формі. Поміркуйте, у який спосіб слід відзначити переможців вікторини й авторів найцікавіших запитань.

Тема 7

Зв'язок організму людини із зовнішнім середовищем. Нервова система



Коли ви йдете по рівній лісовій доріжці, ваші ноги крокують начебто самі по собі: ви не звертаєте уваги на їхні рухи. Якщо ж ви переходите по колоді через струмок, характер рухів змінюється: ви пересуваєтеся обережно, стежачи за кожним кроком, а руки розставляєте врізнобіч, щоб зберегти рівновагу. Серце б'ється частіше, частішає й дихання, а на лобі від напруги виступає піт. Подолавши перешкоду, ви перестаєте контролювати ходьбу, серце заспокоюється, дихання сповільнюється, виділення поту припиняється.

Що управляє вашими рухами, коли ви виконуєте їх автоматично; чому змінюються рухи й робота внутрішніх органів, коли виникає перешкода; що керує поверненням активності організму у вихідний стан?

Відповіді на ці та багато інших запитань ви отримаєте, вивчивши розділ «Нервова система». Ви дізнаєтеся про будову нервової системи й функції її відділів; про клітини, які утворюють нервову тканину, про способи передачі інформації в нервовій системі, про те, як здійснюється нервова регуляція, про взаємозв'язок регуляторних систем організму.

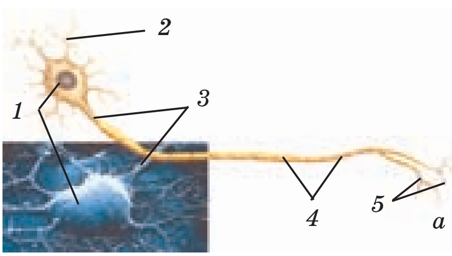
§ 30 Нейрон. Рефлекс. Рефлекторна дуга

Функції нервової системи. Щоб зберегти цілісність і гомеостаз, організм увесь час пристосовується до змін середовища. Кожна регуляторна система бере участь у цьому процесі. Проте провідною в ньому є ***нервова система:*** вона регулює роботу всіх фізіологічних систем організму. З'ясуємо, про що йдеться, на прикладі.

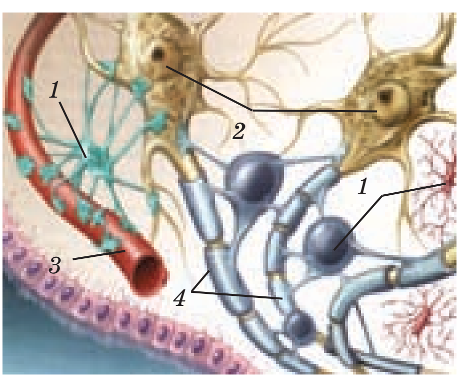
Щоб випити чаю, ви спокійно берете склянку, якщо температура рідини в ній не перевищує 40 °С. Проте варто доторкнутися до склянки з окропом — і рука автоматично відсмикнеться. Чому дія руки змінюється? Нервова система постійно фіксує температуру об'єктів, з якими контактує людина, і, враховуючи її показники, формує програми дій виконавчих органів. Якщо температура перевищує певний поріг, вона оцінюється як загрозлива для організму.

Програма дії виконавчого органа (руки) змінюється: нервова система надсилає м'язам команду, що примушує руку швидко відсмикнутися.

Отже, ***нервова регуляція*** — це керування роботою фізіологічних систем, спрямоване на адаптацію організму до середовища й підтримання показників життєдіяльності організму в межах норми. Щоб управління було ефективним, нервова система постійно розв'язує низку важливих завдань. Вона збирає інформацію про стан внутрішнього й зовнішнього середовища й аналізує її. На основі цього аналізу нервова система створює (або вибирає з раніше створених) програми дій для виконавчих органів. Зрештою, вона подає команди виконавчим органам, примушуючи їх діяти. Мішенями, що сприймають сигнали нервової системи, є клітини м'язової тканини й різні залозисті клітини.



Мал. 30.1. Схема (*а*) і мікрофотографія нейрона (*б*): *1* — тіло нейрона; *2* — дендрити; *3* — аксон; *4* — гліальні клітини; *5* — закінчення аксона



Мал. 30.2. Клітини глії і нейрони: *1* — клітини глії; *2* — нейрон; *3* — кровоносна судина; *4* — мієлінові оболонки

Будова нервової тканини. Органи нервової системи утворені нервовою тканиною (**див. § 3**). Її основною структурно-функціональною одиницею є нервові клітини — ***нейрони***.

Якими є особливості будови нервової клітини (**мал. 30.1**)? Від тіла нейрона, у якому розташоване ядро, відходять відростки двох видів. Численні відростки, що зазвичай багато разів гілкуються, називають ***дендритами***, а довгий відросток більшого діаметра — ***аксоном***. Аксон зазвичай має багато нервових закінчень. Аксон, оточений сполучнотканинною оболонкою,— це ***нервове волокно***.

По дендритах до тіла нейрона надходять нервові імпульси, а по аксону імпульс передається іншим нейронам або клітинам робочих органів. Нейрони відрізняються один від одного за розмірами тіла, розташуванням дендритів і аксона, за кількістю дендритів тощо.

Нейрон оточують дрібні ***гліальні клітини*** (**мал. 30.2**), що виконують захисну й опорну функції. Ці клітини беруть участь в обміні речовинами між нейроном і внутрішнім середовищем організму. Ділянки деяких нервових волокон оточені мієліновою оболонкою,



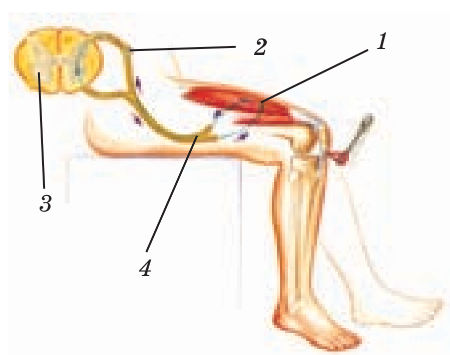
Мал. 30.3. Функціональний ланцюжок нейронів, по якому передається інформація: *1* — чутливий нейрон; *2* — інтернейрон; *3* — ефекторний нейрон

утвореною клітинами глії. Життя нейрона залежить від гліальних клітин — без цього оточення він гине.

Функції нейронів у процесі передачі інформації. У нервовій системі інформація поширюється мережею нейронів, а для передачі інформації використовується мова нервових імпульсів. Як нейрони беруть участь у цьому процесі? Усі нервові клітини можна розділити на три групи **(мал. 30.3)**. Одні нейрони сприймають дію зовнішніх і внутрішніх подразників. Такі нервові клітини називають ***чутливими*** (нейронами-рецепторами, аферентними, доцентровими). Їхнє завдання полягає в тому, щоб закодувати повідомлення про подразник за допомогою нервових імпульсів і передати його іншим нейронам. До другої групи відносять нейрони, що передають інформацію від одного нейрона до іншого, а також нервові клітини, які оцінюють інформацію, накопичують її і зберігають. За участю цих нейронів розробляються програми дій для виконавчих органів. Такі нервові клітини називають ***інтернейронами***. Третя група — ***ефекторні*** (еферентні, відцентрові) нейрони, що доставляють до клітин-мішеней команди, відповідно до яких діють виконавчі органи.

Принцип рефлексу й рефлекторна дуга. Пригадаймо **(див. § 4):** реакції нервової системи на дії подразників називають ***рефлексами***. Основою будь-якого рефлексу є ланцюг нейронів — ***рефлекторна дуга***. Проста рефлекторна дуга складається з двох нейронів — ***чутливого*** й ***ефекторного***, між якими існує ***синаптичний зв'язок***.

За допомогою такої дуги реалізується, наприклад, колінний рефлекс **(мал. 30.4)** — розгинання ноги в колінному суглобі у відповідь на легкий удар трохи нижче за колінну чашечку. Нервові закінчення дендритів чутливого нейрона, що розташовані в м'язі-



Мал. 30.4. Схема рефлекторної дуги колінного рефлексу: *1* — м'яз; *2* — чутливий нейрон; *3* — спинний мозок; *4* — ефекторний нейрон

розгиначі, фіксують його розтягування, спричинене ударом молоточка. Чутливий нейрон збуджується, передає збудження на ефекторний нейрон, аксон якого закінчується в тому самому м'язі, що розгинає ногу в колінному суглобі. Ефекторний нейрон, у свою чергу, збуджує м'язові волокна, м'яз скорочується, і нога в коліні розгинається. Рефлекторна дуга, яка забезпечує рефлекс частоти серцевих скорочень унаслідок дії раптового звуку, значно складніша. Зв'язок між чутливим нейроном, по якому надходить сигнал від органа слуху, і ефекторним нейроном, що доправляє команду до серця, опосередкований кількома інтернейронами.

Ці рефлекси є вродженими. Зв'язки між нейронами, які утворюють відповідні рефлекторні дуги, спадково запрограмовані. Окрім уроджених рефлексів, у людини існує безліч набутих. А це означає, що величезна кількість зв'язків між нейронами, які об'єднують їх у рефлекторні дуги, формується протягом усього життя і є наслідком досвіду, якого набуває людина.

1. Проаналізуйте приклади нервової регуляції, наведені в тексті, за таким планом:
   а) яка функція регулюється;
   б) які органи є виконавчими;
   в) як діє нервова система в процесі регуляції;
   г) як впливи нервової системи змінюють діяльність виконавчого органа.
2. Запропонуйте товаришеві показати на мал. 30.1–30.4 нейрони, складові їхньої будови та гліальні клітини й розповісти про їхні функції. Перевірте, чи не припустився він помилок.

1. Продовжте опис функцій нервової системи в процесі регуляції: збір інформації про… . **2.** Якими є особливості будови нейрона? **3.** Які функції виконують гліальні клітини? **4.** За якою ознакою нейрони розподіляють на чутливі, ефекторні, інтернейрони? **5.** Назвіть декілька рефлексів, дуга яких не містить інтернейронів; містить інтернейрони. **6*.** Наведіть приклади рефлекторних дуг, у яких чутливі або ефекторні нейрони є одними й тими самими. **7*.** Уявіть, що прямо в очі вам потрапив промінь яскравого світла. Як на це прореагує ваш організм? Проаналізуйте цей приклад з точки зору нервової регуляції. Скористайтеся планом, який ви вже використовували для аналізу прикладів, наведених у тексті.

§ 31 Будова нервової системи. Центральна та периферична нервова система людини

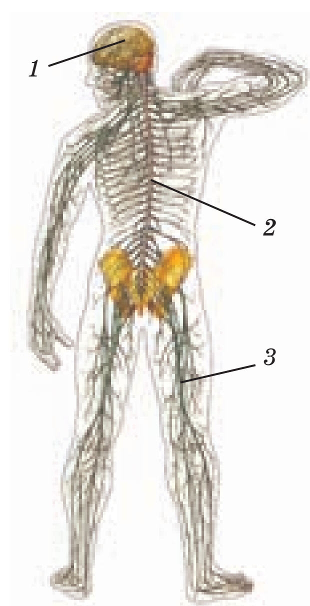
Будова нервової системи (мал. 31.1). Усі нейрони є елементами величезної інформаційної мережі, яка утворює в організмі нервову систему. Де розміщуються в нервовій системі інтернейрони, чутливі нейрони, ефекторні нейрони?

Як і в усіх хребетних тварин, нервову систему людини умовно поділяють на ***центральну нервову систему*** (***ЦНС***) і ***периферичну нервову систему*** (***ПНС***). До ЦНС належать спинний і головний мозок, а всі нерви й нервові вузли, які лежать поза межами ЦНС, належать до ПНС.

Будова ЦНС. У спинному й головному мозку зосереджена більшість нервових клітин. Саме вони забезпечують керування роботою всіх внутрішніх систем організму і її регуляцію. До того ж саме до ЦНС надходить уся інформація, одержана від рецепторів органів чуттів про всі явища, які відбуваються в організмі й зовнішньому середовищі. ЦНС можна порівняти з надпотужним комп'ютером, який швидко аналізує інформацію, одержану з різних потоків, і виробляє необхідні відповіді. Ці відповіді у вигляді нервових імпульсів надходять до робочих органів і змінюють їхню роботу.

У ЦНС містяться інтернейрони: їх скупчення утворюють так звані ***ядра***, а пучки відростків цих нейронів — ***провідні шляхи***. Вони сполучають ядра одне з одним. Завдяки цим зв'язкам ядра можуть об'єднуватися в ***нервові центри***.

До кожного з ядер від чутливих нейронів надходять певні сигнали про впливи на організм, у ядрах ці сигнали зазнають первинної обробки. У ядрах також зберігається інформація про еталони гомеостазу, про вроджені й набуті програми адаптації тощо. Утворюючи нервові центри, ядра обмінюються інформацією, порівнюють і виправляють її. У нервових центрах формуються програми реакцій на різноманітні подразники. З нервових центрів надсилаються команди до ефекторних нейронів. Так складаються рефлекторні дуги, за допомогою яких реалізуються створені програми.



Мал. 31.1. Нервова система людини:
1 — головний мозок;
2 — спинний мозок;
3 — периферичні нерви

У ЦНС закінчуються аксони чутливих нейронів, дендрити яких містяться в усіх органах. Тіла цих нейронів розташовуються поза ЦНС, утворюючи скупчення вздовж спинного й поряд з головним мозком — так звані ***чутливі ганглії***. Ефекторні нейрони розташовані в ЦНС, а їхні аксони виходять за її межі, прямуючи до органів-мішеней. Ефекторні нейрони, аксони яких доставляють команди до скелетних м'язів, називають ***мотонейронами***. Мотонейрони, не перериваючись, досягають м'язових волокон.

До внутрішніх органів команди від ЦНС прямують по аксонах ефекторних нейронів, які дорогою перемикаються на додаткові ефекторні нейрони. Вони й досягають органів-мішеней. Тіла таких нейронів утворюють ганглії, розташовані вздовж спинного й головного мозку, у робочих органах або поряд з ними.

Волокна ефекторних і чутливих нейронів, розташовані поза ЦНС, об'єднуються в пучки, утворюючи нерви. В одних нервах містяться лише волокна чутливих нейронів — такі нерви мають назву чутливих. В інших нервах містяться тільки волокна ефекторних нейронів — їх називають руховими нервами. А в деяких нервах містяться і чутливі, і ефекторні волокна — такі нерви є змішаними. І пучки нервових волокон, і нерви оточені оболонками зі сполучної тканини. В оболонках нерва розташовані судини.

Будова ПНС. До периферичної нервової системи належать насамперед нерви, які відходять від головного і спинного мозку. Від головного мозку відходять 12 пар черепно-мозкових нервів, а від спинного — 31 пара спинномозкових нервів. Серед черепно-мозкових нервів є лише чутливі й лише рухові, а також є змішані нерви. Усі спинномозкові нерви є змішаними.

Черепно-мозкові нерви відповідають за зв'язок, або, як говорять, за іннервацію органів чуттів і деяких м'язів. Але є серед них блукаючий нерв, відростки якого підходять майже до всіх внутрішніх органів. Спинномозкові нерви іннервують частини тіла нижче від шиї.

За функціями периферичну нервову систему поділяють на ***соматичну*** й ***вегетативну (автономну)***. Соматична нервова система відповідає за сприйняття інформації із зовнішнього середовища й керує рухами тіла.

Вегетативна нервова система відповідає за регуляцію роботи внутрішніх систем органів, гладеньких м'язів та обмін речовин.

Такий розподіл функцій між відділами нервової системи дав людині змогу успішно пристосовуватися до умов середовища. Завданням соматичного відділу є регуляція рухів, які необхідні для формування

поведінки та спрямовані на виживання: влаштування житла, пошук їжі, втечу від небезпеки тощо.

А от організація складного внутрішнього «господарства», підтримання гомеостазу, певного ритму серцевих скорочень, роботи кишечника, нирок, дихального ритму відбувається завдяки генетичній програмі, яка реалізується завдяки роботі автономної нервової системи. Ми не можемо свідомо втручатися в роботу автономної нервової системи і змінювати відпрацьовану програму діяльності внутрішніх органів. Натомість скороченнями скелетних м'язів ми керуємо свідомо.

1. Доповніть схему, яка відбиває уявлення про поділ нервової системи на два основні відділи.

…………..	ПНС
Головний мозок	Нерви, нервові вузли
………………………	…………………………………

2. Уважно стежачи за текстом, перевірте, як ваш товариш доповнив таблицю, розподіливши різні види нейронів і їхніх складових за розміщенням у відділах нервової системи.
3. Виокремте в тексті опис нервів, які не належать до ЦНС. Доповніть запис:
Пучки волокон ефекторних нейронів — … . Нерви розподіляються на …, …, … .
4. Заповніть пропуски в реченні: «*Від спинного мозку відходять 31–32 пари… нервів. Від головного мозку відходять… пар черепно-мозкових нервів, серед яких є …, … і змішані*».

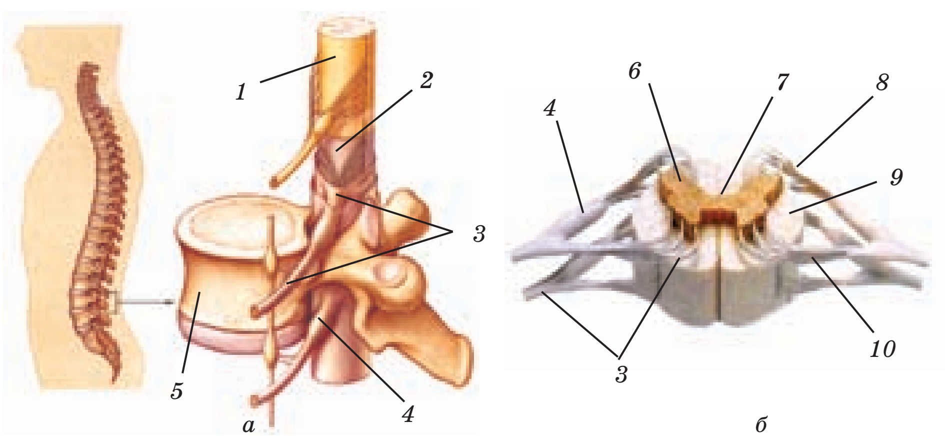
1. Охарактеризуйте будову нервової системи. **2.** Які органи входять до складу ЦНС? **3.** Які складові чутливих нейронів утворюють ганглії? **4.** Де розміщуються тіла ефекторних нейронів? **5.** У чому полягає відмінність між нервовим центром і ядром у ЦНС? між нервом і нейроном? **6.** Назвіть складові ПНС. Якими є їхні функції? **7*.** Як розподіляється іннервація частин тіла між спинномозковими й черепно-мозковими нервами? **8*.** Який біологічний сенс у тому, що всі спинномозкові нерви є змішаними, а серед черепно-мозкових є і рухові, і чутливі, і змішані?

§ 32 Спинний мозок

Будова спинного мозку (мал. 32.1). Спинний мозок разом з головним складають ЦНС. Обидва відділи ЦНС захищені кістковим футляром (черепом і хребтом) та оточені трьома оболонками. Простір між ними заповнений спинномозковою рідиною — ***ліквором***. Оболонки й ліквор оберігають ЦНС від ударів і поштовхів, яких зазнає тіло. Скупчення тіл нейронів у ЦНС називають ***сірою речовиною***, а пучки нервових волокон, які утворюють провідні шляхи,— ***білою речовиною***.

Спинний мозок — це тяж завдовжки 41–45 см (у дорослої людини), який розміщується в каналі хребта та прикріплюється до його стінки. Угорі він переходить у головний мозок, а внизу закінчується на рівні другого поперекового хребця. У центрі спинного мозку проходить канал, заповнений ліквором. Цей канал оточує сіра речовина, навколо якої розташована біла речовина. Це провідні шляхи, що сполучають різні ділянки спинного мозку та спрямовані до головного мозку й від головного мозку до спинного.

На поперечному зрізі видно, що сіра речовина складається з двох симетричних частин неправильної форми **(мал. 32.1)**. Від спинного мозку на рівні кожного хребця відходять дві пари корінців. У передніх корінцях містяться аксони ефекторних нейронів, тіла яких



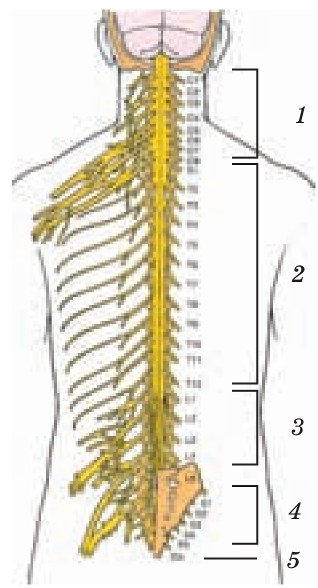
Мал. 32.1. Сегмент (*а*) і поперечний розріз (*б*) спинного мозку: *1* — захисна оболонка; *2* — спинний мозок; *3* — нерви; *4* — спинномозковий ганглій; *5* — хребець; *6* — сіра речовина; *7* — центральний канал; *8* — задній корінець спинномозкового нерва; *9* — біла речовина; *10* — передній корінець спинномозкового нерва

розташовані в сірій речовині, а в задніх — закінчення аксонів чутливих нейронів, що підходять до сірої речовини. Ділянку спинного мозку, якій відповідає пара передніх і пара задніх корінців, називають ***сегментом***. Розрізняють 8 шийних, 12 грудних, 5 поперекових, 5 крижових і 1 куприковий сегменти **(мал. 32.2)**. Виходячи через міжхребетні отвори, передній і задній корінці з'єднуються — так утворюється змішаний спинномозковий нерв. Від кожного сегмента відходить пара таких нервів.

Кожний із сегментів спинного мозку зв'язаний нервами з певними ділянками тіла. Шийні й перший грудний сегмент по чутливих нейронах одержують інформацію від шкіри, м'язів голови, шиї і передніх кінцівок та контролюють роботу цих органів. Грудні сегменти приймають сигнали й регулюють функції шкіри, м'язів і внутрішніх органів черевної та грудної порожнини. Нейрони цих сегментів беруть участь у регуляції роботи серця, стану всіх судин, органів дихання, шлунково-кишкового тракту тощо. Поперекові й крижові сегменти відповідають за чутливі й рухові функції пояса нижніх кінцівок і самих нижніх кінцівок, беруть участь у регуляції сечовипускання й дефекації.

Функції спинного мозку. Головними функціями спинного мозку є ***провідникова*** й ***рефлекторна***. Спинний мозок керує простими руховими рефлексами й рефлексами внутрішніх органів: це згинання-розгинання, відведення-приведення кінцівок, зміна секреції шлункового соку, жовчі тощо. Установивши, у якій ділянці тіла травмованої людини порушено чутливість або рухливість, лікар може з високою точністю визначити місце пошкодження спинного мозку.

Під час виконання спинним мозком рефлекторної функції рефлекторна дуга замикається саме в ньому. Це не означає, що до головного мозку не надходять сигнали про спинномозкові рефлекси. У типовому спинномозковому рефлексі — колінному — показником інформованості головного мозку про подразник є відчуття людиною й удару, й підняття ноги. Отже, реакція на подразник відбувається на рівні спинного мозку, проте інформація про неї провідниковими шляхами потрапляє до головного мозку.



Мал. 32.2. Сегменти спинного мозку:
1 — шийні (C1–C8);
2 — грудні (T1–T12);
3 — поперекові (L1–L5);
4 — крижові (S1–S5);
5 — куприковий (Co)

Провідникова функція дає організму змогу і знижувати, і підвищувати рефлекторний ефект, здійснювати довільні рухи. Наприклад, коли лікар б'є молоточком нижче від коліна, ми можемо свідомо затримати ногу, а можемо, навпаки, хитнути нею занадто сильно. Це є наслідком того, що низхідними шляхами з головного мозку до нейронів спинного надходять гальмівні або збуджуючі нервові імпульси.

Довільні рухи регулюються головним мозком, але м'язи ніг приводяться в рух виконавчими центрами, розташованими в спинному мозку. Вони розміщуються в передніх стовбурах сірої речовини.

Отже, центри спинного мозку перебувають під контролем головного мозку. Імпульси, які йдуть від головного мозку до спинного, необхідні, щоби стимулювати спинномозкові центри й підтримувати їх у тонусі. Унаслідок перелому хребта можливі пошкодження спинного мозку, і зв'язок між головним і спинним мозком порушується. Такий стан називають шоком. Під час шоку всі рефлекси, центри яких розташовані нижче від місця травми, руйнуються, і довільні рухи стають неможливими.

1. Розгляньте мал. 32.2. Знайдіть на ньому відділи спинного мозку, покажіть нерви, які відходять від кожного із сегментів. Запропонуйте товаришеві знайти в тексті назви цих відділів і розповісти про їхні функції. Перевірте його за текстом.
2. На прикладах, наведених у тексті, доведіть, що спинний мозок виконує не лише рефлекторну, а й провідникову функцію.

1. Яку будову має сегмент спинного мозку? **2.** Доведіть, що всі нерви, які відходять від спинного мозку, є змішаними. **3.** Які функції виконує спинний мозок? Розкажіть про них на прикладах. **4.** Проілюструйте зв'язок між головним і спинним мозком. **5*.** Які рухові функції організму можуть бути порушені внаслідок ушкодження поперекового і крижового сегментів спинного мозку? **6*.** Намалюйте схему рефлекторної дуги відсмикування руки від гарячого предмета.

§ 33 Головний мозок. Стовбур головного мозку й мозочок

Структура головного мозку. У дорослої людини маса головного мозку — близько 1,3 кг. Хоча це складає в середньому 2 % маси тіла, до головного мозку постійно надходить до 20 % крові, що циркулює в організмі. Активність ЦНС завжди є високою, і метаболізм у ній інтенсивний. Проте власні пластичні й енергетичні

запаси мозку малі, тому він надзвичайно залежить від постачання кисню, глюкози тощо.

У головному мозку вирізняють три великі відділи **(мал. 33.1)**: ***стовбур головного мозку***, ***мозочок***, ***передній мозок***, а у складі стовбура — ***довгастий мозок***, ***міст*** і ***середній мозок***. Передній мозок поділяють на проміжний мозок і кінцевий мозок (великі півкулі головного мозку). Від головного мозку відходять 12 пар черепно-мозкових нервів.

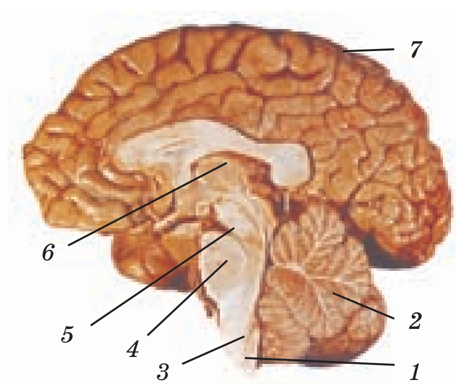
Стовбур головного мозку є продовженням спинного мозку. Нейрони стовбура утворюють ядра, які формують найважливіші нервові центри життєзабезпечення: дихальний, серцево-судинний, травний. У стовбурі розташовані також центри регуляції м'язового тонусу, рефлексу утримання й відновлення пози, орієнтувального рефлексу на зорові й слухові подразники.

Волокна нейронів ядер стовбура утворюють низхідні й висхідні провідні шляхи. По висхідних шляхах інформація прямує до нервових центрів, розташованих в інших відділах головного мозку, а по низхідних — до спинного мозку.

Звідки до центрів стовбура головного мозку надходить інформація? Вони отримують її по висхідних шляхах, що йдуть зі спинного мозку й по чутливих нейронах черепно-мозкових нервів. Так центри стовбура одержують інформацію про стан шкіри, опорно-рухової системи і внутрішніх органів, а також сигнали від органів слуху, рівноваги, смаку, від шкіри і м'язів голови.

Від центрів стовбура одні команди, необхідні для керування рухами й роботою внутрішніх органів, по низхідних шляхах доправляються до спинного мозку, а інші — по еферентних волокнах черепно-мозкових нервів прямують до м'язів органів зору, язика, жувальних і мімічних м'язів, м'язів голови, шиї, слинних залоз, легенів, серця, печінки, шлунка тощо.

Проявами роботи центрів стовбура мозку є відомі вам рефлекси вдиху й видиху, серцеві, судинні, ковтальний, жувальний, чхальний. У стовбурі розташована система ядер, у яких нейрони з безліччю відростків утворюють мережі.



Мал. 33.1. Головний мозок і його подовжній розріз: *1* — стовбур головного мозку; *2* — мозочок; *3* — довгастий мозок; *4* — міст; *5* — середній мозок; *6* — проміжний мозок; *7* — великі півкулі головного мозку

Цю систему називають ***ретикулярною формацією*** (***РФ***). РФ постійно взаємодіє з усіма структурами ЦНС. Кожен її нейрон збирає інформацію одночасно від багатьох нейронів різної чутливості, підсумовує її та, залежно від отриманого результату, впливає на структури ЦНС. Вплив РФ зазвичай активує структури головного мозку, але може спричиняти й гальмівний ефект. Проявом цієї функції РФ є перехід зі стану сну до неспання, і навпаки. РФ відіграє важливу роль у формуванні уваги. Деякі нейрони РФ спонтанно генерують імпульси, завдяки цьому РФ підтримує тонус м’язів дихального й серцево-судинного центрів.

Щоб зрозуміти, у яких ситуаціях активуються центри стовбура, пригадайте, як ви реагуєте на несподіваний звук, що вас лякає. Ви мимоволі повертаєте голову в його напрямі — цей рух є проявом орієнтувального рефлексу, тобто реакції на новизну. Одночасно дещо збільшується частота серцевих скорочень, частота і глибина дихання, підвищується приплив крові до мозку й серця. У цьому рефлексі беруть участь центри стовбура, а РФ вибірково змінює їхню активність, підтримуючи одні й гальмуючи інші.

Мозочок. Назва цього відділу відображає його схожість із переднім мозком. Дві півкулі мозочка вкриті складчастою корою, утвореною безліччю різноманітних нейронів. Мозочок сполучений зі спинним мозком, стовбуром, переднім мозком. Його ядра отримують інформацію, що стосується рухів, зі спинного мозку, від кори великих півкуль, таламуса, стовбура головного мозку й РФ (зорову, слухову, рівноваги). Сигнали з мозочка спрямовуються до кори великих півкуль, до стовбура мозку, а з нього — до мотонейронів спинного мозку.

Функція мозочка полягає у формуванні програм регуляції пози та координації точних довільних рухів, що здійснюються за командами кори великих півкуль. Програми таких рухів створюються за участю кори головного мозку, а зберігаються в корі мозочка, який контролює правильність їх виконання.

Точність і координованість ваших рухів під час письма, рухів піаніста, фігуриста або футболіста — усе це прояви діяльності розвиненого мозочка. У людини з пошкодженим мозочком рухи ніг і рук неузгоджені, вона хитається під час ходьби, помиляється у визначенні відстані до предмета, не може торкнутися кінчика носа із заплющеними очима тощо.

§

1. На мал. 33.1 покажіть великі відділи головного мозку. Нехай ваш товариш знайде на малюнку складові цих відділів. Перевірте його за підписом під малюнком.

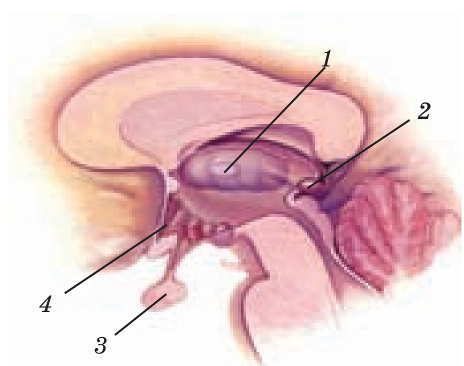
2. Дайте коротку характеристику стовбура головного мозку за таким планом:
а) нервові центри стовбура — …;
б) вхідна інформація: шляхи отримання — …; джерела інформації — …;
в) вихідні сигнали: шляхи передачі — …; органи-мішені — …;
г) прояви роботи центрів — … .
3. Знайдіть на мал. 33.1 ретикулярну формацію, а в тексті — опис її функцій.
4. Розгляньте мал. 33.1, обговоріть, чи справді мозочок схожий на великі півкулі головного мозку. Запропонуйте товаришеві виконати декілька рухів. Які їхні властивості залежать від мозочка?

1. Назвіть усі відомі вам відділи головного мозку. **2.** Охарактеризуйте просторове розташування відділів стовбура головного мозку. **3.** Назвіть щонайменше п'ять рефлексів, за які відповідає стовбур головного мозку. **4.** Яку будову має ретикулярна формація? **5*.** Чому мозочок називають головним координатором рухів? **6*.** Як особливості будови й функціонування РФ пов'язані із завданнями, які вона виконує в процесі регуляції?

§ 34 Головний мозок. Передній мозок: проміжний мозок і великі півкулі

Проміжний мозок. Це частина переднього мозку, що розташована між стовбуром головного мозку й великими півкулями. Основні структури проміжного мозку **(мал. 34.1)** — ***таламус***, ***епіфіз*** і ***гіпоталамус***, до якого приєднаний ***гіпофіз***.

Таламус можна назвати збирачем інформації про всі види чутливості. До нього надходять і в ньому обробляються практично всі сигнали від центрів спинного мозку, стовбура головного мозку, мозочка й РФ. Від нього інформація доправляється до гіпоталамуса й кори великих півкуль.



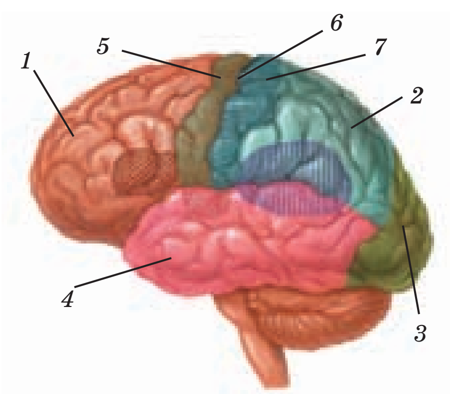
Мал. 34.1. Проміжний мозок: *1* — таламус; *2* — епіфіз; *3* — гіпофіз; *4* — гіпоталамус

У таламусі є ядра, де синтезується інформація про подразники, що діють одночасно. Так, коли ви берете в руку грудку льоду, збуджуються різні нейрони:

нейрони, чутливі до механічних впливів, і ті, що сприймають зміни температури, а також чутливі нейрони ока. Проте всі ці сигнали одночасно надходять до тих самих нейронів у ядрах таламуса. Тут вони узагальнюються, перекодовуються, і до кори передається цілісна інформація про подразник.

Гіпоталамус є вищим центром регуляції роботи внутрішніх органів, який узгоджує їхню діяльність зі станом активності організму. Він продукує низку гормонів і разом з гіпофізом утворює ***гіпоталамо-гіпофізарну систему***. Нейрони одних ядер гіпоталамуса чутливі до хімічного складу крові й здатні фіксувати його зміни. Друга група ядер одержує від структур головного мозку інформацію про їхній стан. Третя група ядер (центр гомеостазу) порівнює всі ці сигнали з еталонами гомеостазу, здійснює гормональну й нервову регуляцію роботи внутрішніх органів, надсилаючи гуморальні сигнали до гіпофіза й нервові імпульси до центрів стовбура і спинного мозку. Ядра гіпоталамуса формують центри голоду — насичення, спраги — питного задоволення, терморегуляції, регуляції сну — неспання тощо.

Великі півкулі головного мозку, або кінцевий мозок (мал. 34.2),— вищий відділ головного мозку. Він складається з кори півкуль і підкоркових ядер. Півкулі розділені міжпівкульною щілиною й пов'язані між собою провідними шляхами, головний з яких називають мозолистим тілом. Кора півкуль утворює численні борозни й звивини складної форми, що дає змогу вмістити в малу за об'ємом порожнину черепа орган з поверхнею великого розміру. Шість шарів кори утворені нейронами різних форм і функцій.



Мал. 34.2. Частки й зони кори головного мозку: *1* — лобова; *2* — тім'яна; *3* — потилична; *4* — скронева; *5* — моторна зона кори; *6* — центральна борозна; *7* — сенсорна зона кори

У корі вирізняють ***лобову***, ***тім'яну***, ***скроневу*** й ***потиличну*** частки. Лобову частку від усіх інших відокремлює центральна борозна. Різні ділянки кори взаємодіють завдяки прямим зв'язкам або через ядра таламуса. Розвинена мережа провідних шляхів дає корі змогу отримувати сигнали від підкоркових структур: ядер таламуса, ретикулярної формації, чутливих нюхових і зорових нейронів (***I–II пари черепно-мозкових нервів***) тощо. Так до кори надходить уся інформація про подразники, що діють на організм.

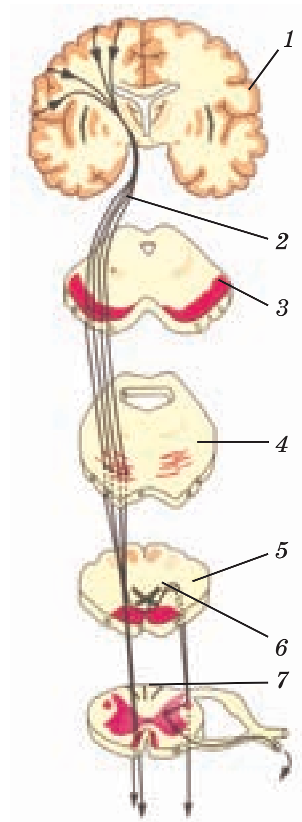
Кора сполучена безліччю низхідних шляхів з усіма ефекторними центрами, що розташовані нижче: це центри стовбура, мозочка, гіпоталамуса і спинного мозку.

Ділянки кори класифікують за функціями, які вони виконують. За центральною борозною розташована ***сенсорна*** (чутлива) ***зона кори***. У потиличній зоні сенсорної кори обробляється отримана зорова інформація, у скроневих зонах — слухова, у центрально-тім'яних зонах — тактильна, температурна, смакова, а також одержана від рецепторів опорно-рухової системи. У сенсорній корі розміщуються проекції всіх нейронів-рецепторів будь-якого виду чутливості — для кожного з них є відповідний нейрон сенсорної зони кори. Так, у потиличну зону кори спроектовані всі рецептори сітківки ока, а в центрально-тім'яні зони — усі нейрони-рецептори шкіри.

Між сенсорними зонами розташована ***асоціативна зона кори***, де створюються цілісні образи об'єктів навколишнього світу. У ній розміщуються зони сенсорної пам'яті. Перед центральною борозною розташовується моторна (рухова) зона кори, відповідальна за складні цілеспрямовані рухи. У лобовій частці кори є також центри, пов'язані із психічними процесами (плануванням, програмуванням поведінки, мисленням тощо).

Навколо мозолистого тіла розміщується ***лімбічна кора*** (латин. *лімбус* — край), до якої примикають скупчення підкоркових ядер. Лімбічна кора і скупчення підкоркових ядер (окремі ядра таламуса, гіпоталамус, гіпокамп тощо) утворюють ***лімбічну систему***. Це функціональне об'єднання структур мозку відповідає за наші емоції й потреби, за виникнення відчуттів задоволення — незадоволення, за харчові, статеві, захисні рефлекси, регулює рівень уваги, сприйняття, відтворення емоційно значущої інформації. Центром лімбічної системи є ***гіпокамп*** (грец. *гіпокампус* — морський коник), який бере участь у процесах запам'ятовування й навчання.

Особливістю функціонування кори великих півкуль є її асиметричність. Так, доторкнувшись до лівої руки, ми спочатку спричиняємо збуджен-



Мал. 34.3. Шляхи регуляції рухової активності корою головного мозку: *1* — кора головного мозку; *2* — нервовий шлях з кори в спинний мозок; *3* — середній мозок; *4* — міст; *5* — довгастий мозок; *6* — місце перехрещення нервових шляхів; *7* — спинний мозок

ня у відповідній зоні правої півкулі кори. Проте завдяки зв'язкам між півкулями за мить таке саме збудження виникає й у зоні лівої півкулі. Ці явища властиві й системі управління рухами: встановлено, що м'яз, який розміщується в правій частині тіла, скоротиться, якщо штучно подразнювати відповідну ділянку в лобовій частці кори зліва. Усе це відбувається завдяки перехрещуванню нервових шляхів на рівні стовбура головного мозку **(мал. 34.3).**

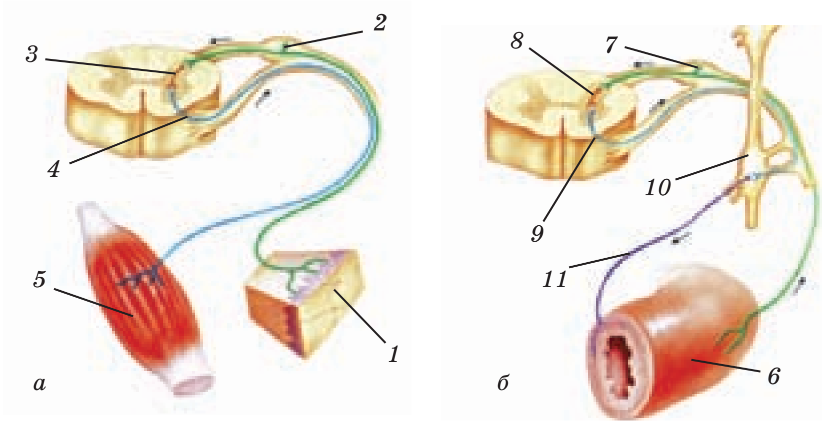
1. Зверніться до мал. 33.1, с. 139, і визначте, які його фрагменти показані на мал. 34.1. Назвіть структури проміжного мозку, розкажіть про їхні функції. Нехай ваш товариш перевірить вас за текстом і підписом під малюнками.
2. Виокремте в тексті інформацію про нервові центри гіпоталамуса, наведіть власні приклади реакцій, якими він керує.
3. Складіть п'ять тестових завдань, за допомогою яких можна дізнатися, чи засвоїв ваш товариш зміст тексту, де йдеться про кору головного мозку. Обміняйтеся тестами й виконайте взаємоперевірку.

1. Назвіть основні структури проміжного мозку. **2.** Розкажіть про функції ядер таламуса. **3.** Які структури лімбічної системи вам відомі? **4.** Як класифікують ділянки кори за їх просторовим розміщенням? **5.** Розкажіть про розподіл ділянок кори на зони за їхніми функціями. **6*.** У яку зону кори головного мозку надходить інформація про підручник, на який ви дивитеся? **7*.** Де обробляється інформація, яку ви щойно отримали, вивчаючи параграф?

§ 35 Вегетативна нервова система

На дії будь-яких подразників наш організм може реагувати у два способи — зміною роботи внутрішніх органів і рухом. Частину нервової системи, що регулює роботу внутрішніх органів, називають ***вегетативною нервовою системою*** (ВНС), а ту, що відповідає за реалізацію рухів,— ***соматичною***. Відповідно, усі рефлекси організму поділяють на вегетативні й соматичні (рухові) **(мал. 35.1).**

Функції та будова ВНС. Пригадайте, що відбувається з вами під час швидкого бігу. Реагуючи на фізичне навантаження, ви червонієте, частота серцевих скорочень збільшується, підвищується артеріальний тиск, збільшується викид адреналіну, але одночасно знижується активність травної та сечовидільної систем. Проте варто вам зупинитися, як зазначені показники незабаром повертаються до норми.



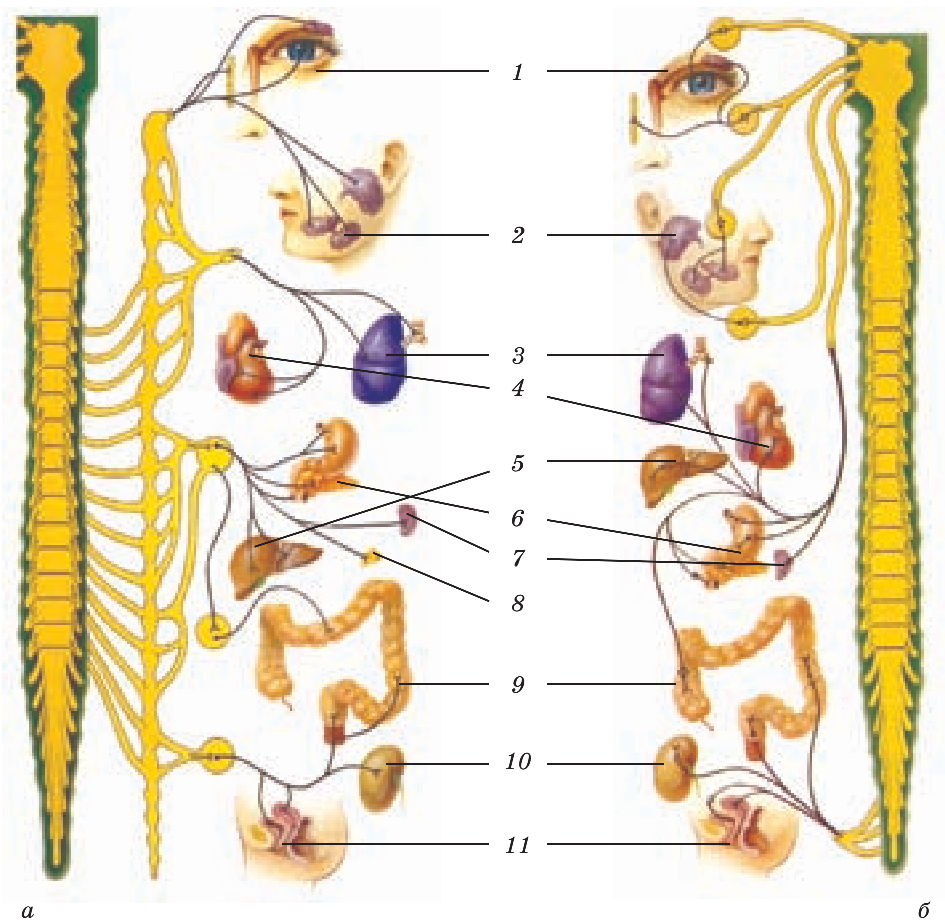
Мал. 35.1. Рефлекторні дуги соматичного (*а*) і вегетативного (*б*) рефлексів: *1* — шкіра; *2* — чутливий нейрон; *3* — інтернейрон; *4* — мотонейрон; *5* — м’яз; *6* — внутрішній орган; 7— чутливий нейрон; *8* — інтернейрон; *9* — ефекторний нейрон 1-го рівня; *10* — ганглій; *11* — ефекторний нейрон 2-го рівня

Усі ці рефлекси — прояв роботи вегетативної (автономної) нервової системи. Вона керує системами кровообігу, дихання, травлення, виділення, розмноження, роботою всіх залоз. Її завданням є підтримання гомеостазу, забезпечення рівня метаболізму, що відповідає потребам організму в певний момент. Процеси, які регулює ця система, не можуть бути довільно спричинені або припинені, тому її ще називають автономною.

Якою є будова вегетативної нервової системи? Нервові центри ВНС розташовані в спинному мозку і стовбурі головного мозку. У них обробляється інформація, яка надходить по чутливих нейронах від внутрішніх органів. Ці центри підпорядковані центрам, що розміщуються в гіпоталамусі й корі головного мозку, де збирається й аналізується інформація про стан зовнішнього і внутрішнього середовища.

Шлях, яким команди із центру ВНС доправляються до внутрішнього органа, схожий на каскад, що має два рівні. Тіло нейрона першого рівня міститься в центрі ВНС, а його аксон спрямований до гангліїв, утворених тілами нейронів другого рівня. У ганглії аксон нейрона першого рівня багато разів розгалужується, і його закінчення контактують із десятками, а то й сотнями нейронів другого рівня. Їхні аксони виходять із гангліїв і, розгалужуючись, іннервують безліч клітин-мішеней. Завдяки такій будові провідного шляху команди, отримані першим ефекторним нейроном, передаються одночасно багатьом клітинам виконавчого органа, що дає їм змогу працювати синхронно.

Симпатичний і парасимпатичний відділи ВНС (мал. 35.2). Впливи ВНС зумовлюють відмінності в активності різних систем органів і під час навантажень, і в стані спокою. Команди, які проводять нейрони ***симпатичного відділу*** ВНС, підвищують інтенсивність роботи одних органів і знижують активність інших. Сигнали, що надходять по нейронах ***парасимпатичного відділу***, діють на одні й ті самі органи протилежним чином.



Мал. 35.2. Симпатична (*а*) і парасимпатична (*б*) іннервація внутрішніх органів: *1* — очі, слізні залози; ганглії; *2* — слинні залози; *3* — легені та трахеї; *4* — серце; *5* — печінка; *6* — шлунок і підшлункова залоза; *7* — селезінка; *8* — надниркові залози; *9* — товстий кишечник; *10* — нирки; *11* — сечовий міхур і статеві органи

Якими є особливості будови цих відділів? Перші нейрони симпатичного відділу ВНС розташовані в грудних і поперекових сегментах спинного мозку, а їхні аксони належать до складу спинномозкових нервів. Одна група симпатичних гангліїв утворює симетричні ланцюжки по обидва боки від хребта, інші ганглії розміщуються ближче до робочих органів. Такі ганглії, наприклад, утворюють сонячне сплетіння, розташоване в черевній порожнині. Аксони ефекторних нейронів, що виходять із симпатичних гангліїв, іннервують усі без винятку внутрішні органи.

Перші нейрони парасимпатичного відділу ВНС розміщуються у стовбурі головного мозку й сегментах крижового відділу спинного мозку. Їхні аксони виходять у складі чотирьох пар черепно-мозкових нервів і крижових спинномозкових нервів. Головний нерв парасимпатичного відділу — блукаючий, він передає команди до багатьох органів. Парасимпатичні ганглії розташовані в голові, на поверхні або в стінках органів грудної та черевної порожнини й органів таза. Парасимпатичні ефекторні нейрони іннервують внутрішні органи, окрім потових і надниркових залоз, гладеньких м'язів більшості кровоносних судин і матки.

У синапсах, що містяться у виконавчому органі, нейрони ВНС викидають різні медіатори: симпатичні — норадреналін, парасимпатичні — ацетилхолін. Клітини-мішені мають до них різні рецептори (збудливі або гальмівні). Як наслідок — симпатичний і парасимпатичний ефекти відрізняються.

Більшість внутрішніх органів мають подвійну іннервацію — і симпатичну, і парасимпатичну. Проте переважає ефект тієї системи, яка за програмою ЦНС забезпечує в певний момент найкращий пристосувальний результат. Так, під час бігу з двох одночасних впливів на роботу серцевого м'яза переважає збудливий симпатичний, що спричиняє посилення частоти серцевих скорочень. Зниження частоти серцевих скорочень свідчить про перевагу впливу парасимпатичного відділу — це відбувається в стані спокою. Ефекти симпатичної системи мобілізують організм, щоб він терміново відповів на підвищення навантажень, а ефекти парасимпатичної нервової системи відновлюють ресурси організму.

1. За мал. 35.1 визначте, у чому відмінність між вегетативним і руховим рефлексом. З'ясуйте, чим відрізняються ефекторні ланки цих рефлексів.
2. Покажіть товаришеві на мал. 35.2 симпатичні нерви й ганглії, запропонуйте йому знайти парасимпатичні нерви, блукаючий нерв. З'ясуйте, які органи він іннервує. Зіграйте в гру: показуйте по черзі органи-

мішені відділів вегетативної системи й називайте ефекти, які спричиняють симпатична й парасимпатична нервові системи.

1. Яку інформацію обробляють центри вегетативної нервової системи? **2.** Чи можемо ми керувати роботою внутрішніх органів? Чому? **3.** Чим відрізняється робота симпатичного та парасимпатичного відділів вегетативної нервової системи? **4.** Як саме реалізуються гальмівні та збуджуючі ефекти відділів вегетативної нервової системи на органи-мішені? **5*.** Який сенс підвищення частоти дихання і серцевих скорочень під час фізичного навантаження? **6*.** Відомо, що симпатичні нерви звужують кровоносні судини, а парасимпатичні — розширюють. Проведіть нігтем по шкірі. Спочатку з’явиться біла смуга, а потім вона стане червоною. Через певний час сліди взагалі щезнуть. Поясніть, чому так відбулося.

§ 36 Регуляція рухової активності

Соматична нервова система. Будь-яка діяльність людини супроводжується рухами, що забезпечують переміщення в просторі тіла або його частин. Рух є результатом роботи м’язів — згиначів і розгиначів. М’язи працюють не лише в динамічному режимі, але й у статичному, підтримуючи позу — певне положення тіла в просторі. Це завдання м’язи виконують і під час ходьби, і під час виконання складних рухів, і коли ви спокійно сидите.

У керуванні рухами бере участь соматична нервова система. Руховими (соматичними) рефлексами організм відповідає на вплив безлічі внутрішніх і зовнішніх подразників. Сигнали, що можуть спричинити рух, надходять по чутливих нейронах від органів чуттів, від гладеньких і скелетних м’язів, від шкіри тощо. Центри регуляції рухової активності розміщуються в спинному й головному мозку.

Тіла більшості мотонейронів розміщуються в спинному мозку, а їхні аксони в складі спинномозкових нервів прямують до всіх скелетних м’язів. Поблизу скелетного м’яза аксон розгалужується, і його закінчення іннервують водночас декілька м’язових волокон **(мал. 35.1 а, с. 145)**. За командою, яка приходить по аксону, вони скорочуються одночасно.

Як регулюються рухи? Пригадайте: рефлекторна дуга колінного рефлексу складається всього з двох нейронів: інформація від чутливого нейрона в спинному мозку безпосередньо передається на мотонейрон. Проте спинний мозок регулює й більш складні мимовільні рухи.

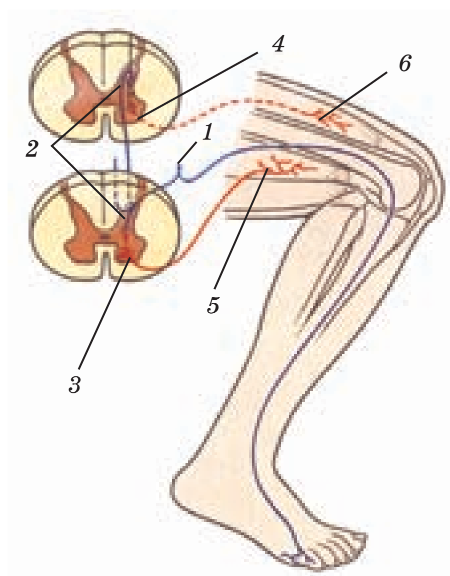
Так, випадково наступивши на кнопку, ви тієї ж миті піднімаєте ногу, згинаючи її в коліні **(мал. 36.1)**. Чутливим нейроном, закінчення якого розташовані в шкірі підошви правої ноги, нервові імпуль-

си надходять у праву частину крижового сегмента спинного мозку. У ньому збудження перемикається на два інтернейрони. Один з них є збудливим: він передає нервові імпульси на мотонейрон, який доставляє їх до м’яза-згинача правої ноги, і цей м’яз скорочується. Інший інтернейрон — гальмівний. Він блокує проходження нервових імпульсів до мотонейрона, що іннервує м’яз-розгинач, тому цей м’яз розслабляється. Отже, м’язи правої ноги відповідають на збудження чутливого нейрона двома рефлексами — скороченням згинача й розслабленням розгинача. Як наслідок — права нога згинається.

Проте відповідь організму на укол кнопки цим не обмежується: піднімаючи ногу, ви ризикуєте впасти. Що дає вам змогу запобігти падінню? Нервові імпульси від чутливого нейрона надходять не лише до інтернейронів у правій частині сегмента. Одночасно вони досягають інтернейрона, який прямує до лівої його частини. Через відповідні інтернейрони активується програма дій для лівої ноги: мотонейроном, який іннервує м’яз-розгинач, надходить команда, що примушує його скоротитися. Водночас мотонейрон, пов’язаний зі згиначем, гальмується, і м’яз розслаблюється. Наслідком цих двох протилежних рефлексів є випрямлення лівої ноги, яке дає вам змогу втримати тіло в позі стояння.

Дуги, за допомогою яких здійснюються ці рухи, замикаються на рівні спинного мозку. Складніші рухи регулюються руховими центрами, розташованими в мозочку, стовбурі й корі головного мозку, до яких зі спинного мозку надходить інформація про стан м’язів, а від вестибулярного апарату й органів зору — про положення тіла в просторі.

Рухові центри стовбура головного мозку. У стовбурі розташовані нервові центри регуляції пози. У них замикаються дуги рефлексів, що відповідають за її підтримку. По низхідних шляхах від ядер довгастого мозку до мотонейронів надходять команди, які підсилюють скорочення розгиначів і розслабляють



Мал. 36.1. Схема рефлексів мимовільного згинання ноги: *1* — чутливий нейрон; *2* — інтернейрони; *3* — мотонейрони м’язів-згиначів; *4* — мотонейрони м’язів-розгиначів; *5* — м’язи-згиначі; *6* — м’язи-розгиначі

згиначі кінцівок і тулуба. Від ядер середнього мозку до цих м'язів ідуть протилежні команди. Одночасні впливи цих ядер на розгиначі й згиначі дають нам змогу підтримувати рівновагу.

Рухові центри мозочка. Програми підтримки пози і програми рухів узгоджуються в мозочку. Він одержує інформацію від центрів регуляції пози, від рухових центрів кори й зі спинного мозку. Мозочок порівнює інформацію від центрів регуляції пози з інформацією про стан виконавців рухів — м'язів, і корегує програми рухів. Завдяки роботі мозочка наші рухи є плавними й точними. Він контролює точні рухи рук, рухи мовного апарату, жування. У мозочку зберігаються програми рухів, що доведені до автоматизму.

Рухові центри кори великих півкуль розташовані в її руховій (моторній) зоні й пов'язані з мозочком і руховими центрами стовбура мозку. Через них інформація від кори надходить до мотонейронів. Проте від рухової зони кори до мотонейронів стовбура й спинного мозку проходять і прямі нервові шляхи. Ці шляхи перехрещуються на рівні довгастого мозку, тому рухові центри лівої півкулі керують м'язами правої частини тіла, а рухові центри правої півкулі — м'язами лівої частини. Кора великих півкуль — це головний координатор рухів. У її асоціативних, сенсорних і рухових зонах формуються програми складних довільних рухів, відбувається вибір м'язів-виконавців. Кора відповідає за процес оволодіння новими руховими навичками. За її участю в пам'яті накопичуються програми рухів, які організм може використовувати в майбутньому.

Рухові рефлекси спричиняються лише подразненнями чутливих нейронів шкіри. Центри регуляції рухів розміщуються в спинному й головному мозку. Що складніший рух, то вище розташований центр, який бере участь у його регуляції. Соматична нервова система регулює лише рухи тіла, а за рефлекси пози (статичні рефлекси) відповідає вегетативна нервова система.

1. Покажіть на мал. 36.1 рефлекторні дуги рефлексів, які спричиняють згинання правої ноги; випрямлення лівої ноги. Обговоріть біологічний сенс одночасності цих рефлексів.
2. Знайдіть у тексті пояснення того, які рухові центри беруть участь у регуляції рухів вашого тіла під час ходьби.

1. Яка частина нервової системи називається соматичною? **2.** Де розміщуються мотонейрони? **3.** Назвіть рухові й статичні рефлекси, за рахунок яких ви, стоячи, згинаєте ногу в колінному суглобі. **4.** Якими є функції рухових центрів мозочка й кори головного мозку? **5*.** Чому пошкодження

рухової зони кори в лівій півкулі головного мозку призводить до втрати рухової активності в правій частині тіла?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Як зберегти нервову систему здоровою?

Особливе значення для збереження працездатності та здоров'я головного мозку має повноцінний нічний сон. Під час сну активність клітин мозку знижується, гальмування в них переважає над збудженням. Це дає змогу нейронам відновити ресурси, необхідні для активної роботи вдень. Недостатня тривалість сну супроводжується хронічною втомою, яка може призвести до нервових розладів. Зміни у функціональному стані клітин головного мозку спричиняє споживання деяких хімічних речовин. Особливо чутлива до таких впливів нервова система дітей і підлітків. Небезпечними в цьому відношенні є навіть чай і кава — напої, що містять кофеїн, який підсилює процеси збудження в нейронах мозку. Вживання міцних кави й чаю може призвести до надмірного збудження, нервові клітини виснажуються, і це із часом може стати причиною стійкого їх гальмування.

Такою самою за ефектом є й дія нікотину — складової тютюнового диму, що потрапляє в організм під час паління. Унаслідок тривалого паління порушується нормальне співвідношення між збудженням і гальмуванням, значно знижується працездатність нейронів мозку.

Украй негативними й загрозливими є наркотичні речовини, зокрема алкоголь. Усі вони, надійшовши до організму, проникають у кров, а з нею — до мозку. У синапсах нейронів є рецептори до цих речовин, тому вони впливають на процеси передачі нервового імпульсу. У малих дозах алкоголь і наркотики впливають на нервові клітини, збуджуючи їх. Таке збудження супроводжується покращенням настрою, виникненням відчуття свободи тощо. Проте одночасно ці речовини змінюють метаболізм нервових клітин, спричинюють звикання, і людина змушена вживати їх дедалі більше. Наркотичні речовини руйнують нервові клітини мозку, спотворюють регуляторні процеси: людина втрачає контроль над собою, стає непрацездатною. Страждає й вегетативна нервова система, наслідком чого можуть бути захворювання внутрішніх органів і швидка загибель людини.

Механізми дії наркотичних речовин не залежать від волі й бажань людини: ми не можемо впливати на склад рецепторів у синапсах нашої нервової тканини. Проте розуміння того, у який спосіб

діють наркотики й до яких результатів неминуче призводять їхні впливи, дає кожному шанс зробити правильний вибір і утриматися навіть від спроб їх уживання.

Наша лабораторія

Ендорфіни — молекули радості

У 70-х роках XX ст. вчені знайшли в нейронах мозку рецептори до морфіну — наркотичної речовини, що спричиняє знеболювальний ефект і відчуття ейфорії. Виявилося також, що речовини з подібними властивостями виробляються і в самому організмі — це пептиди (фрагменти молекул білків). Дослідники назвали їх ендорфінами, тобто внутрішніми морфінами. Синтезуються ендорфіни в клітинах головного і спинного мозку, гіпофіза, надниркових залоз, кишечника та деяких інших органів.

Ендорфіни виконують в організмі багато функцій, й одна з них — регуляція больових відчуттів. Завдяки цим речовинам не всі больові сигнали доходять до головного мозку. Якби ендорфінів не було, людина відчувала б сильний біль від щонайменшого дотику. Ендорфіни вивільняються з клітин, де вони синтезуються, під час сильних фізичних і психічних навантажень. Проявом їхнього впливу є, наприклад, зниження больової чутливості в боксерів — зазвичай вони не відчувають болю, доки не закінчиться бій.

Спортсменам, що звикли до тривалих навантажень, додатковий викид ендорфінів у кров допомагає долати втому під час напруження. Це явище називають «другим диханням». Ендорфіни регулюють апетит, підсилюють імунітет, підвищують вироблення статевих гормонів.

Збільшення синтезу ендорфінів в організмі поліпшує настрій, тому їх інколи називають «гормонами щастя». Отже, виникненню наших почуттів і емоцій сприяють речовини, які синтезуються в організмі під впливом зовнішніх подразників — грубого або, навпаки, ласкавого слова, успіху або невдачі, приємної музики або дратівливого шуму, голоду або ситного обіду. Ви вже знаєте, що за регуляцію наших емоцій відповідає лімбічна система мозку. Виявилося, що найбільша концентрація ендорфінів і рецепторів до них є саме в нейронах лімбічної системи.

Коли в організм потрапляють наркотичні сполуки, вони заміщують внутрішні ендорфіни, і клітини втрачають здатність до їх синтезу. Саме тому виникає залежність від наркотиків: без них людина почувається погано, у неї виникає депресія. Отже, без захисту ендорфінів організм швидко руйнується.

Підсумки

Головним завданням нервової системи є забезпечення нервової регуляції — керування роботою фізіологічних систем, спрямоване на адаптацію організму до середовища й підтримання показників життєдіяльності організму в межах норми.

Функціональною одиницею роботи нервової системи є нейрон — нервова клітина. Роботі нейрона допомагають численні клітини глії. Завдання нейрона — генерація, проведення нервових імпульсів і передача їх іншим нейронам або клітинам робочих органів.

Реакції нервової системи називають рефлексами. Рефлекси здійснюються через рефлекторну дугу, що складається з трьох нейронів: чутливого, який сприймає подразник, інтернейрона, який обробляє інформацію, й ефекторного нейрона, який надсилає сигнал робочому органу.

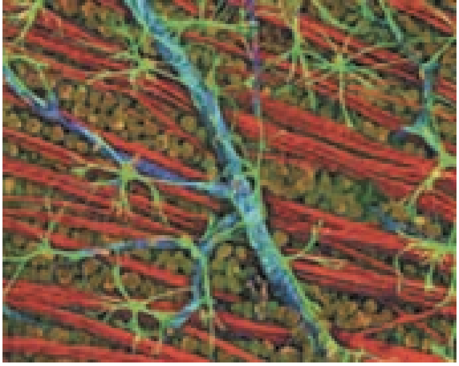
Нервова система поділяється на центральну й периферичну. До центральної нервової системи належать спинний і головний мозок.

Центральна нервова система одержує всю інформацію від органів чуттів і є центром розрахунку, аналізу та планування поведінки.

До периферичної нервової системи належать нерви, які відходять від спинного й головного мозку. За функціями її поділяють на вегетативну й соматичну. Вегетативна нервова система керує роботою внутрішніх органів, а соматична — рухами.

Працюємо разом

Проведіть невеличке дослідження: простежте за змінами стану свого організму протягом двох-трьох днів. Звертайте увагу на частоту пульсу, який є показником частоти серцевих скорочень, на частоту дихання, на збільшення або зменшення потовиділення, на термін, протягом якого показники діяльності внутрішніх органів повертаються до вихідних значень, а також на обставини, які спричинили зміни в роботі внутрішніх органів. Опишіть результати спостереження, наведіть пояснення того, якими були механізми регуляції стану організму. Оформте роботу у вигляді повідомлення, розмістіть його на стенді. Проведіть міні-конференцію, обговоріть, які з повідомлень були найзмістовнішими, які найкраще оформлені.



Тема 8

Зв'язок організму людини із зовнішнім середовищем. Сенсорні системи

Відчуття холоду від дотику до бурульки, запах квітів і смак їжі, звукові й зорові образи під час концерту чи споглядання морського пейзажу, а також почуття вдячності від усвідомлення того, що всі ці відчуття нам доступні, виникають завдяки сенсорним системам.

Вивчивши цей розділ, ви дізнаєтеся, як організм людини сприймає навколишнє середовище; як влаштовані сенсорні системи й органи чуттів; як людина бачить, чує, відчуває смак, запах, дотик, температуру, біль; про порушення функцій сенсорних систем і їх профілактику.

§ 37 Загальна характеристика сенсорних систем. Будова аналізаторів

З попередніх розділів ви дізналися, як відбувається нервова регуляція фізіологічних функцій організму. Для того щоб нервова система могла виконувати своє завдання, вона передусім має отримати інформацію про впливи, яких зазнає організм. З деякими складовими нервової системи, що відповідають за цю її функцію, ви вже ознайомилися — це чутливі нейрони й певні структури головного мозку. Дослідімо детальніше, як саме організм одержує сигнали ззовні й від власних внутрішніх органів.

Будова сенсорних систем. Складові нервової системи, які сприймають інформацію про навколишнє середовище і про внутрішній стан організму та аналізують її, називають ***сенсорними системами*** (латин. *сенсус* — почуття, відчуття), або ***аналізаторами***.

Кожна із сенсорних систем налаштована на сприйняття певних властивостей середовища — ***сенсорних стимулів***. Для зорової сенсорної системи сенсорними стимулами є електромагнітні хвилі певної довжини, для слухової — коливання повітряного або водного середовища. Сенсорні системи, які сприймають інформацію про події всередині організму, вловлюють розтягування гладеньких м'язів внутрішніх органів, скелетних м'язів або сухожиль, зміни в хімічному складі внутрішнього середовища тощо.

Попри відмінності у видах чутливості, загальний план будови всіх сенсорних систем однаковий. Початковою ланкою аналізатора є ***сенсорні рецептори***. В одних сенсорних системах цю функцію виконують закінчення дендритів чутливих нейронів, на які діє сенсорний стимул. Так, сенсорними рецепторами в нюховому аналізаторі є закінчення дендритів чутливих нейронів, розташованих у слизовій оболонці носової порожнини. Подібну будову мають і сенсорні рецептори дотику, які містяться в шкірі.

Рецептори зорового аналізатора влаштовані складніше. Вони утворені спеціалізованими клітинами, що контактують із ланцюжком з кількох нейронів, тіла яких розміщуються в сітківці ока. Окремими спеціалізованими клітинами є й рецептори сенсорних систем слуху і смаку.

Завдання рецепторів і чутливих нейронів — перетворення енергії сенсорних стимулів на електричну енергію нервових імпульсів, тобто переклад даних про вплив подразника мовою, зрозумілою ЦНС. Так, зорові рецептори беруть участь у перетворенні на нервові імпульси світлової енергії, слухові рецептори — механічної енергії звукових хвиль, а дотикові рецептори — механічної енергії тиску, вібрації тощо.

Сигнали, сформовані чутливим нейроном, передаються по його аксону до нервових центрів спинного й головного мозку. Кінцевим відділом аналізатора є певна зона кори великих півкуль. Отже, аналізатор складається з рецепторів, що сприймають сенсорні стимули, чутливих нейронів, по яких інформація передається, а також центрального відділу, що розміщується в головному мозку й обробляє отримані сигнали. У результаті роботи аналізатора ЦНС одержує інформацію, необхідну для регуляції роботи організму, а в людини зазвичай виникають певні відчуття.

Властивості сенсорних систем. Аналізатори розрізняють за тим, звідки надходить до їхніх рецепторів інформація про сенсорний стимул. Рецептори, які сприймають зовнішні сенсорні стимули, називають ***екстерорецепторами*** (латин. *екстер* — зовнішній), а ті, що фіксують впливи внутрішніх стимулів,— ***інтерорецепторами*** (латин. *інтерір* — внутрішній). Екстерорецепцію в людини здійснюють слухова, зорова, тактильна, больова, температурна, смакова, нюхова, вестибулярна сенсорні системи. Утім больовий і температурний аналізатори мають також інтерорецептори. Больові інтерорецептори розташовані в усіх внутрішніх органах, а температурні — у гіпоталамусі, стравоході тощо.

Де саме розміщуються екстерорецептори сенсорних систем? Тактильні, больові й температурні рецептори містяться в дермі шкіри, епітелії язика, ротової порожнини, смакові — в епітелії язика, нюхові — в епітелії носової порожнини. Тому шкіру, язик і ніс називають

органами чуттів. Органами чуттів є також око й вухо — спеціальні пристосування, що створюють необхідні умови для роботи зорових і слухових рецепторів, які в них розміщуються.

До складу однієї сенсорної системи можуть належати рецептори різної будови. По-різному влаштовані рецептори смакового аналізатора, чутливі до їжі різного хімічного складу,— саме тому в нас виникають відчуття солодкого, солоного тощо. Є відмінності між рецепторами зорового аналізатора, що відповідають за розрізнення ступеня інтенсивності світла й за сприйняття кольору.

На кожний з видів рецепторів одночасно може впливати велика кількість специфічних стимулів. Усі ці стимули сприйняти неможливо, та й не потрібно — ЦНС не впорається з переробкою інформації такого обсягу. Тому рецептори мають певний поріг чутливості до сенсорних стимулів. Поріг чутливості — це найменша інтенсивність стимулу, достатня для збудження рецептора. Слабкі сигнали, інтенсивність яких є нижчою за поріг чутливості, рецептором не сприймаються. Наприклад, нюховий рецептор людини не вловлює низькі концентрації летких речовин, до яких чутливі нюхові рецептори собаки. Тренуючись, чутливість рецепторів можна підвищити. Так, у музикантів спостерігають загострення слуху, а в художників — зору.

Під час монотонної тривалої дії стимулу чутливість рецепторів до нього знижується. Цю їхню властивість називають ***адаптацією***. Коли ви заходите до приміщення, де є специфічний запах, ви спочатку відчуваєте його, а потім ваші рецептори нюху адаптуються до нього.

1. Прочитавши параграф, складіть його конспект за таким зразком: *Будова сенсорних систем.*
Функція аналізаторів — … .
Сенсорні стимули: … .
Будова аналізатора: рецептор… .

2. Складіть чотири запитання, за допомогою яких можна визначити, чи зрозумів ваш товариш зміст частини тексту «Властивості сенсорних систем». Запропонуйте йому відповісти на ці запитання.

1. Яку функцію виконують сенсорні системи в організмі людини? **2.** Які сенсорні стимули сприймаються за допомогою органів зору? органів слуху? **3.** Якою є функція кожної зі складових аналізатора? **4.** Де розташовані регуляторні центри сенсорних систем? **5.** Що таке поріг чутливості рецептора? **6*.** Чому в собак поріг чутливості нюхового рецептора нижчий, ніж у людини? **7*.** Використовуючи знання про організацію сенсорних систем, чи можете ви пояснити помилки сприйняття, якщо вони виникають?

§ 38 Зорова сенсорна система. Око

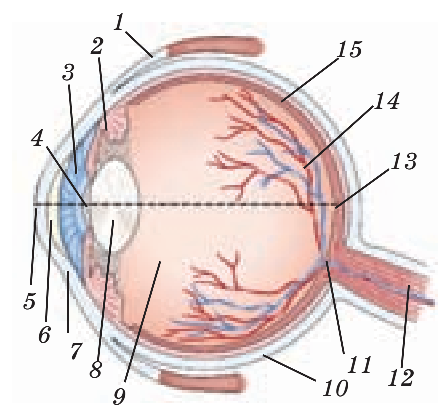
Сенсорним стимулом для рецепторів зорового аналізатора є світло — електромагнітне випромінювання з довжиною хвиль від 400 до 700 нм. Це лише 1/70 частина всього діапазону електромагнітних випромінювань, але його сприйняття забезпечує нас майже 90 % усієї сенсорної інформації про навколишній світ.

Ми сприймаємо випромінювання Сонця та інших джерел світла, можемо бачити й предмети, які нас оточують, завдяки тому, що вони відбивають світло. Проте ми сприймаємо цей сенсорний стимул лише в разі, коли промені світла досягають фоторецепторів (зорових рецепторів), що розташовані в органі зору — оці. Які особливості будови ока дають йому змогу спрямовувати світлові промені до фоторецепторів, у який спосіб це відбувається?

Будова ока (мал. 38.1). Очі мають округлу форму, їхній діаметр становить близько 23 мм. Вони розташовані в очних ямках черепа. До очної ямки прикріплені три пари м'язів, які керують рухами ока.

Око вкрите трьома оболонками. Щільну зовнішню оболонку білого кольору називають ***склерою***. Склера непрозора, але в передній частині ока вона переходить у тонку прозору ***рогівку***. Під склерою міститься судинна оболонка, де розгалужуються кровоносні судини. Попереду, під рогівкою, судинна оболонка переходить у ***райдужну оболонку***, клітини якої містять пігмент меланін. Його концентрація визначає колір очей: від сіро-блакитного до темно-карого.

У центрі райдужної оболонки розташована ***зіниця*** — круглий отвір, крізь який світло потрапляє всередину ока. На внутрішній поверхні райдужної оболонки розміщені м'язи — радіальний та коловий, скорочення яких регулюють розмір зіниці. Зовнішній край райдужної оболонки переходить у ***війкове тіло***, що складається зі сполучної тканини, судин, м'язів, зв'язок. За допомогою зв'язок війкове тіло з'єднується



Мал. 38.1. Будова ока: *1* — окоруховий м'яз; *2* — війковий м'яз і зв'язки; *3* — райдужна оболонка; *4* — зіниця; *5* — оптична вісь ока; *6* — водяниста волога; *7* — рогівка; *8* — кришталик; *9* — склисте тіло; *10* — склера; *11* — сліпа пляма; *12* — зоровий нерв; *13* — центральна ямка; *14* — судинна оболонка; *15* — сітківка

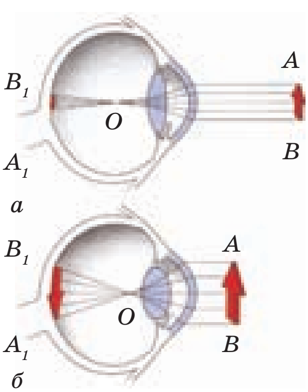
з капсулою ***кришталика***. Кришталик — еластичне прозоре тіло, що має форму двоопуклої лінзи.

Основний об'єм очного яблука займає округле прозоре утворення — ***склисте тіло***. Воно надає очному яблуку кулястої форми. Порожнини між рогівкою, кришталиком і склистим тілом заповнені водянистою вологою, яку продукує війкове тіло. Завдяки цій рідині забезпечується метаболізм у кришталику, рогівці та склистому тілі, що не мають власних судин. Внутрішня поверхня очного яблука вистелена ***сітківкою***, у якій містяться фоторецептори.

Допоміжні органи ока виконують захисні функції. Завдяки бровам піт із чола не потрапляє в очі. Повіки й вії оберігають їх від механічних ушкоджень. У верхньому зовнішньому кутку очних ямок розміщуються ***слізні залози***, які виробляють слізну рідину. Слізна рідина захищає око від мікроорганізмів і запобігає його висиханню.

Оптична система ока (мал. 38.2). Зоровий образ предмета формується за умови, якщо промені від кожної точки його поверхні, потрапляючи на сітківку, створюють на ній чітке його зображення.

Щоб це забезпечити, працюють майже всі структури ока. Очні м'язи повертають око, наводячи його на предмет. Скорочення радіального і колового м'язів райдужної оболонки, звужуючи або розширюючи зіницю, регулюють світловий потік, який надходить до ока. Цим рефлексом райдужна оболонка відповідає на зміни освітленості середовища. Судинна оболонка, яка містить темний пігмент, поглинає надлишкове світло, що потрапляє в око.



Мал. 38.2. Формування зображення на сітківці: відстань до предмета велика (*а*), відстань до предмета мала (*б*): *AB* — предмет; $B_1 A_1$ — зображення предмета; *O* — оптичний центр

Проте власне оптичну систему ока складають його прозорі середовища — рогівка, водяниста волога, кришталик, склисте тіло. Оптична система ока подібна до двоопуклої збиральної лінзи, оптична вісь якої перетинає задню стінку сітківки. Зображення, що утворюється на задній стінці сітківки внаслідок заломлення променів в оптичній системі ока, є зменшеним і перевернентим. Зоровий аналізатор обробляє інформацію, отриману від фоторецепторів, і перетворює зображення на таке, що відповідає реальній орієнтації предметів.

Пригадаймо: зображення предмета, який розміщується на великій відстані від лінзи, виходить чітким на екрані, що розташований у її фокальній

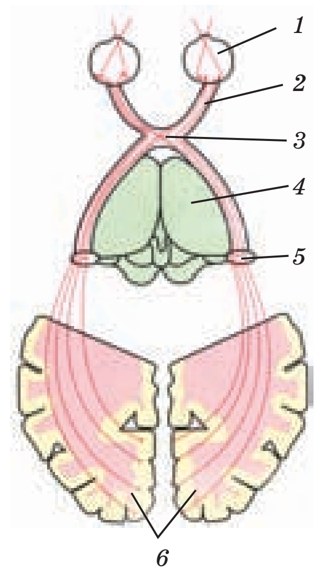
площині. Якщо відстань між предметом і лінзою зменшується, зображення на екрані стає розмитим.

Сітківка ока — це екран, який має розміщуватися у фокальній площині лінзи, тобто оптичній системі ока. Тоді промені від предметів фокусуватимуться на ньому, і зображення буде чітким. Проте відстань між предметами й оком змінюється повсякчасно, а отже, їх зображення мали б втрачати чіткість. Але цього не відбувається — обличчя перехожого на відстані як 10 м, так і 1 м за чіткістю сприйняття не відрізняються. Чому?

Кришталик здатний збільшувати або зменшувати радіус кривизни. Опуклішим він стає внаслідок скорочення війкового м’яза, який стягує його капсулу. Коли м’яз розслаблюється, кришталик сплощується. Змінюючи оптичну силу, він налаштовується на ближнє або дальнє бачення. Цю його здатність називають ***акомодацією***. Акомодація відбувається безумовно-рефлекторно.

Коли око спрямоване на віддалені предмети, війковий м’яз розслаблений і акомодація є найменшою. За такого стану кришталика оптичний центр оптичної системи ока розміщується на відстані близько 5 мм від рогівки, оптична сила цієї системи дорівнює 58,5 діоптрії, а її фокусна відстань — 17 мм. Це означає, що фокус «живої лінзи» розміщується на сітківці. Промені, що надходять до ока від віддалених предметів, можна вважати паралельними. Тому, заломлюючись, вони фокусуються на сітківці.

Якщо відстань між предметом і оком стає меншою за 5–12 м, розходження променів відносно оптичної осі збільшується. Щоб сфокусувати їх на сітківці, необхідно збільшити оптичну силу ока. Це й відбувається завдяки акомодації кришталика. Він здатний підвищувати оптичну силу ока більш ніж до 70 діоптрій (у молодої людини). Проте можливості кришталика не безмежні — наблизьте до ока палець на відстань 3–5 см, і ви відчуєте, як його образ «розмивається». Найменшу відстань, за якої на сітківці формується чітке зображення предмета, називають ***найближчою точкою чіткого бачення***. Для підлітків вона становить 7–10 см.



Мал. 38.3. Зоровий аналізатор: *1* — око; *2* — волокна зорового нерва; *3* — перехрест волокон; *4* — таламус; *5* — ядро таламуса; *6* — зорова зона (потилична частка кори великих півкуль)

Центральний відділ зорового аналізатора (мал. 38.3). Сигнали від нейронів сітківки лівого й правого ока надходять до центрального аналізатора по волокнах зорових нервів. Перед тим як увійти в мозок, частина цих волокон перехрещується. Після перехрещення зорові нерви спрямовуються до ядер таламуса і стовбура головного мозку. У їхніх нейронах відбувається наступний етап перероблляння зорової інформації. Від таламуса нервові імпульси потрапляють далі — у зорову зону кори, яка розташована в потиличній ділянці головного мозку.

У зоровій зоні кори завершується аналіз та відбувається процес розпізнавання зорового стимулу — створення його образу. У цьому беруть участь також асоціативні зони кори головного мозку. За ушкодження асоціативних зон, пов'язаних із зоровою зоною кори, порушується зорове розпізнавання предмета.

1. Знайдіть у тексті характеристику сенсорного стимулу, що спричиняє зорові відчуття. З'ясуйте, чи є в людини аналізатори, які сприймають електромагнітні хвилі поза діапазоном видимого світла.
2. Запропонуйте товаришеві показати на мал. 38.1 основні складові ока та назвати їхні функції. Поясніть, як змінюється зображення предмета на сітківці під час зміни оптичної сили ока із 65 до 58 діоптрій. Нехай товариш перевірить вас.

1. На який фізичний подразник реагує зорова сенсорна система? **2.** Опишіть будову ока — рецепторного відділу зорового аналізатора. **3.** Від чого залежить колір очей? Чи змінюватиметься він протягом життя? **4.** Які функції виконує кришталик? **5.** Де розташований центральний орган зорового аналізатора? **6*.** Чому за надмірного наближення предмета до ока його зображення розмивається? **7*.** Спрогнозуйте труднощі, які можуть виникнути у формуванні зорового образу після операції із заміни кришталика, враховуючи, що штучний кришталик не здатний змінювати свою кривизну.

§ 39 Зорова сенсорна система. Сприйняття світлових стимулів

Характеристики світла. Найважливішими характеристиками світлового випромінювання є інтенсивність і довжина світлових хвиль. Розрізняти світло за інтенсивністю вміють усі тварини, навіть найпростіші. А от зоровий аналізатор, що реєструє відмінності між довжиною світлових хвиль, є не в усіх. Людині поталанило: її зоровій сенсорній системі така здатність властива. Наші фото-

рецептори реагують на хвилі різної довжини, а обробка їхніх сигналів у центральному відділі аналізатора призводить до виникнення відчуттів, які ми називаємо кольорами.

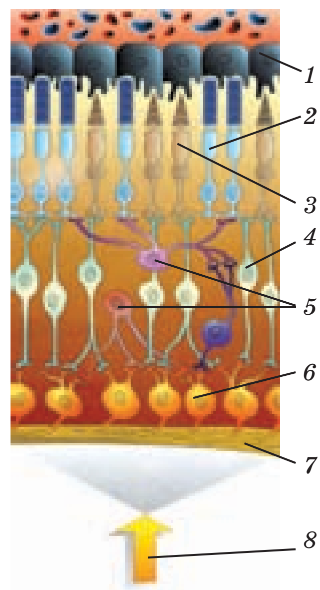
Так, якщо джерело світла випромінює хвилі завдовжки близько 560 нм, ми говоримо, що світло зеленого кольору. Так само ми називаємо зеленим і предмет, який відбиває світлові хвилі тієї ж довжини. Якщо ж ми бачимо предмет червоним, це означає, що хвилі, які він відбиває, мають довжину близько 650 нм.

Завдяки колірному зору ми сприймаємо випромінювання в діапазоні видимого світла, зазнаючи відчуття кольорів від темно-фіолетового до темно-червоного. Відчуття, яке ми називаємо чорним кольором, виникає в нас у разі, коли поверхня предмета поглинає всі світлові промені, а білого — якщо відбиває всі світлові хвилі, незалежно від їхньої довжини.

Проте різнокольоровим світ є для нас лише тоді, коли він добре освітлений — Сонцем або іншими джерелами світла. Зі зменшенням інтенсивності освітлення наш образ світу втрачає кольори. Уночі джерелами світла є лише зорі й Місяць, а енергія їх випромінювання значно менша, ніж у Сонця. Довжина світлових хвиль, що досягають земної поверхні, зсунута до «синьої» частини діапазону світлових хвиль. Отже, й видимими можуть бути лише предмети, що здатні відбивати хвилі такої довжини. Значно знижується й інтенсивність світла, яке відбивається від предметів. Тому в темряві ми можемо розрізняти тільки градації інтенсивності світлового випромінювання. Суб'єктивною шкалою, якою ми для цього користуємося, є різні ступені чорного й білого: чорний — темно-сірий — світло-сірий — білий.

Сприйняття світлових стимулів оком. У який спосіб зоровий аналізатор розрізняє світлові хвилі за інтенсивністю й довжиною, формуючи в нас кольорову картину світу? Як ми бачимо вдень і вночі?

Рецепторний апарат ока. Сітківка людського ока багатошарова **(мал. 39.1)**. У найглибшому її шарі, на межі із судинною оболонкою, залягають клітини пігментного епітелію. Вони містять пігмент



Мал. 39.1. Будова сітківки ока: *1* — клітина пігментного епітелію; *2* — паличка; *3* — колбочка; *4* — біполярний нейрон; *5* — допоміжні нейрони; *6* — гангліозний нейрон; *7* — аксони гангліозних нейронів; *8* — напрям світла

меланін, який поглинає світло. Клітини цього шару отримують поживні речовини з капілярів судинної оболонки й забезпечують метаболізм фоторецепторів. До пігментного епітелію прилягає шар фоторецепторів, які називають ***паличками*** й ***колбочками***. У сітківці розміщується близько 125 млн паличок і 6 млн колбочок. За ними розташований шар, де містяться ***біполярні нейрони*** (біполяри) і допоміжні клітини, що беруть участь в обробці інформації, отриманої від фоторецепторів. Далі розміщується шар ***гангліозних нейронів***, яких у сітківці близько 1 млн. Їхні аксони сходяться до центру сітківки, де з них формується ***зоровий нерв***, що прямує до зорових центрів головного мозку.

Як функціонують палички й колбочки? У паличках міститься пігмент — білок ***родопсин***, а в колбочках — різновиди пігменту ***йодопсину***. Структура молекул цих пігментів може змінюватися під дією світла. Як наслідок, виникають сигнали, що передаються до біполярних нейронів, а з них — до гангліозних клітин.

Палички налаштовані на сприйняття хвиль завдовжки близько 500 нм і надзвичайно чутливі до дії світла. Перетворення родопсину відбувається навіть, якщо паличка в темряві поглинає всього один квант світла (найменшу порцію світлової енергії). З одним біполяром можуть контактувати багато паличок, а декілька біполярів — з однією гангліозною клітиною. Отже, для гангліозних клітин палички створюють велике рецептивне поле — на одну таку клітину можуть припадати сотні паличок. Це значно підвищує вірогідність збудження гангліозної клітини, а отже, й отримання інформації головним мозком. Усі ці властивості паличок і дають їм змогу ефективно працювати за низької освітленості, у сутінках і темряві. Складовою родопсину є речовина, похідна від вітаміну А, і за його нестачі в організмі зір у сутінках значно погіршується. Іноді цей дефект зору називають курячою сліпотою.

Колбочки за різновидами йодопсину поділяють на три групи. В одних міститься пігмент, який найкраще поглинає світлове випромінювання з довжиною хвиль у діапазонах 380–560 нм, у других — 470–650 нм, у третіх — 470–680 нм. Відповідно, завдяки роботі колбочок першої групи ми сприймаємо фіолетово-блакитний, другої — зелений, а третьої — жовтий і червоний кольори. Одночасна активність різних видів колбочок у різних поєднаннях забезпечує нам сприйняття різних відтінків кольорів. Коли ж разом працюють усі три групи колбочок, ми бачимо білий колір. Проте колбочки мають у сто разів меншу світлочутливість, ніж палички. Саме тому вони не працюють у темряві, і світ для нас стає безбарвним.

Фоторецептори розподілені в сітківці нерівномірно. На ній є місце, де фоторецепторів зовсім немає,— це ***сліпа пляма***, де формується зоровий нерв (див. **мал. 38.1, с. 157**). Збоку від неї розташоване заглиблення — ***центральна ямка***, у якій містяться лише колбочки. Вона розташована в центрі жовтої плями, де є і палички, і колбочки. Проте в міру віддалення від центру кількість колбочок зменшується, і по краях (на периферії) сітківки розташовуються лише палички. Розглядаючи предмет, ми мимоволі повертаємо очі так, щоб його зображення опинилося на центральній ямці — тут і сприйняття кольорів, і гострота зору є найкращими. Периферія сітківки майже не сприймає кольору, але світлова чутливість у цій зоні значно вища, ніж у центрі жовтої плями.

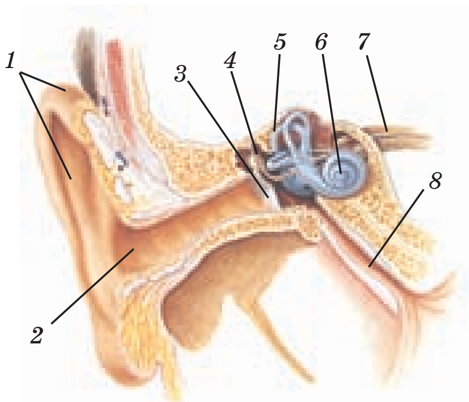
1. Знайдіть у тексті пояснення, чому ми сприймаємо світ різнокольоровим. Запропонуйте товаришеві показати предмети, що відбивають світлове випромінювання з довжиною хвиль близько 400 нм, 500 нм, 600 нм.
2. Скористайтеся мал. 39.1 і текстом параграфа та доповніть план повідомлення про рецепторний апарат ока.
   Шари сітківки: а) *пігментний шар, функція* — …; б) *шар фоторецепторів (колбочки і…); функція* — …; в) *шар…, функція* — … . *Ділянки сітківки*: а) *сліпа пляма* — …; б) *жовта пляма* — …; в) … .

1. Чому ми сприймаємо світ різнокольоровим? **2.** У якій ділянці сітківки зорові сигнали не сприймаються; у якій сприймаються найкраще? **3.** Якими є відмінності між властивостями паличок і колбочок? **4.** Яким є біологічне значення значної величини рецептивного поля гангліозних клітин? **5*.** Яке біологічне обґрунтування має відомий вираз «уночі всі коти сірі»? **6*.** Чому в темряві діаметр зіниці є максимальним; як це пов'язано з будовою сітківки?

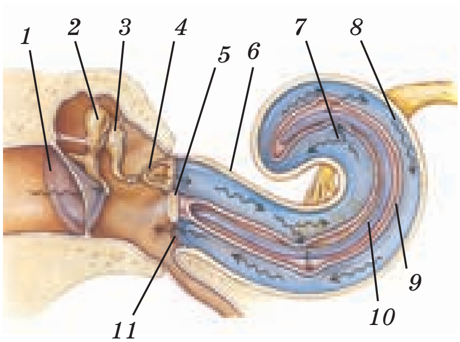
§ 40 Слухова сенсорна система. Вухо

Які звуки ми сприймаємо? Звукові хвилі — це механічні коливання середовища різної частоти й амплітуди. Ці коливання ми сприймаємо як звуки, що відрізняються між собою за висотою й гучністю. Наш слуховий аналізатор здатен сприймати звукові коливання в діапазоні частот від 16 до 20 000 Гц.

За сприйняття звуків відповідає ***слухова сенсорна система***. Вона складається зі слухових рецепторів, розміщених у спеціальному органі слуху — ***вусі***, чутливих нейронів, які входять до складу



Мал. 40.1. Будова органа слуху: *1* — вушна раковина; *2* — зовнішній слуховий прохід; *3* — барабанна перетинка; *4* — слухові кісточки; *5* — вестибулярний апарат; *6* — завитка; *7* — слуховий нерв; *8* — євстахієва труба



Мал. 40.2. Будова середнього і внутрішнього вуха: *1* — барабанна перетинка; *2* — молоточок; *3* — коваделко; *4* — стремінце; *5* — овальне вікно; *6* — завитка; *7* — верхній канал; *8* — нижній канал; *9* — середній канал; *10* — покривна мембрана; *11* — кругле вікно. (Стрілками показано напрямок звукової хвилі.)

слухового нерва, і центрального відділу, що об'єднує різні структури головного мозку.

Будова органа слуху (мал. 40.1). Складовими нашого органа слуху є ***зовнішнє***, ***середнє*** і ***внутрішнє вухо***. Зовнішнє вухо утворене ***вушною раковиною*** й ***зовнішнім слуховим проходом***. Вушна раковина влаштована так, щоби вловити і спрямувати у звуковий прохід коливання повітря, зокрема ті, що відповідають діапазону частот мовлення людини (1000–3000 Гц). Слуховий прохід укритий тонкими волосками, у його шкірі містяться залози, що виробляють вушну сірку. Волоски й сірка — захисники органа слуху, вони затримують пил і мікроорганізми. Слуховий прохід закінчується ***барабанною перетинкою*** — тонкою пружною мембраною, основу якої складає сполучна тканина. Звукові хвилі, спрямовані вушною раковиною, долають слуховий прохід і діють на цю мембрану, унаслідок чого вона починає коливатися.

За барабанною перетинкою розміщується повітряна порожнина — середнє вухо **(мал. 40.2)**. Воно сполучене за допомогою ***євстахієвої труби*** з глоткою, а через неї — з ротовою порожниною. Якщо середнє вухо зазнає надмірного тиску внаслідок дій звукових хвиль, достатньо відкрити рота і зробити ковток: тиск у середньому вусі зрівняється з атмосферним.

Середнє вухо — це підсилювач, який може змінювати амплітуду звукових хвиль, що передаються з барабанної перетинки до внутрішнього вуха. Як це відбувається? Від барабанної перетинки тягнеться ланцюжок маленьких кісто-

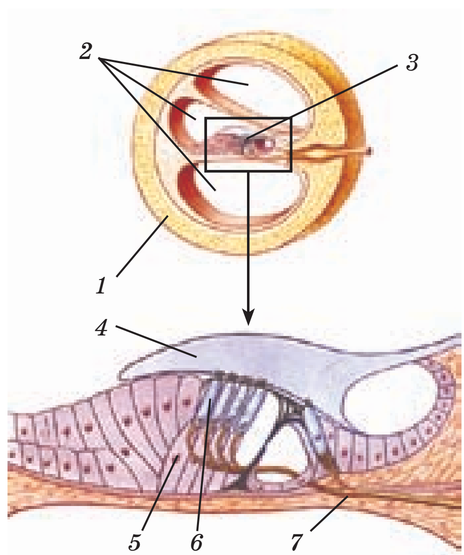
чок, рухомо з'єднаних між собою: ***молоточок***, ***коваделко*** і ***стремінце*** **(мал. 40.2)**. Рукоятка молоточка прикріплена до барабанної перетинки, а стремінце впирається в іншу мембрану. Це перетинка отвору, який називають овальним вікном. Вона є межею між середнім і внутрішнім вухом.

Коливання барабанної перетинки спричиняють рух слухових кісточок, які штовхають мембрану овального вікна, і вона починає коливатися. За площею ця мембрана значно менша, ніж барабанна перетинка, і тому вона коливається з більшою амплітудою.

Підсилені коливання мембрани овального вікна передаються до внутрішнього вуха.

Внутрішнє вухо розміщується в глибині скроневої кістки черепа. Саме тут у спеціальному утворі, який називають ***завиткою***, розташований рецепторний апарат слухового аналізатора. Завитка — кістковий канал, усередині якого розміщуються дві подовжні мембрани. Нижня (базальна) мембрана утворена щільною сполучною тканиною, а верхня — тоненькою одношаровою. Мембрани розділяють канал завитки на три частини — верхній, середній і нижній канали. Канали заповнені рідинами: нижній і верхній — ***перилімфою***, а середній — ***ендолімфою***, що в'язкіша за перилімфу. Коливання мембрани овального вікна передаються до перилімфи, у ній виникають хвилі. Вони поширюються верхнім і нижнім каналами.

Будова рецепторного апарату слухового аналізатора. До яких наслідків призводить переміщення хвиль у перилімфі? Щоби з'ясувати це, розглянемо будову рецепторного апарату слухового аналізатора. На базальній мембрані середнього каналу по всій її довжині розташований так званий ***кортіїв орган*** **(мал. 40.3)** — апарат, що містить рецептори й опорні клітини. На кожній рецепторній клітині міститься до 70 виростів — волосків. Над волосковими клітинами розташована покривна мембрана, яка контактує з волосками.



Мал. 40.3. Розташування й будова кортієвого органа: *1* — поперечний розріз завитки; *2* — верхній, середній і нижній канали; *3* — кортіїв орган; *4* — покривна мембрана; *5* — опорна клітина; *6* — волоскова клітина; *7* — слуховий нерв

Кортіїв орган розділений на ділянки, кожна з яких відповідає за сприйняття хвиль певної частоти.

Рідини, що містяться в каналах завитки, є передавальною ланкою, яка доносить енергію звукових коливань до покривної мембрани кортієвого органа. Коли хвиля переміщується перилімфою у верхньому каналі, тоненька мембрана між ним і середнім каналом прогинається, діє на ендолімфу, а та притискає покривну мембрану до волоскових клітин. У відповідь на механічну дію — натискання на волоски — у рецепторах формуються сигнали, які вони передають на дендрити чутливих нейронів. У цих нейронах виникають нервові імпульси, які по аксонах, що об'єднуються в слуховий нерв, прямують до центрального відділу звукового аналізатора. Висота звуку, який ми сприймаємо, визначається тим, з якої ділянки кортієвого органа надійшов сигнал.

Центральний відділ слухового аналізатора. Нервові імпульси по чутливих нейронах слухових нервів надходять до численних ядер стовбура головного мозку, де відбувається первинна обробка сигналів, далі — до таламуса, а з нього — до скроневої ділянки кори (слухової зони). Тут за участю асоціативних зон кори відбувається розпізнання слухових стимулів, а в нас виникають звукові відчуття. На всіх рівнях обробки сигналу є провідні шляхи, завдяки яким відбувається постійний обмін інформацією між симетрично розташованими ядрами, які належать до центральних структур лівого й правого вуха.

Наш слуховий аналізатор дає змогу не лише розрізняти звуки, але й досить точно визначати напрямок їх поширення. Вуха розташовані по обидва боки голови, і хвилі від джерела звуку досягають їх із різницею близько 0,0006 с. Цієї мінімальної різниці в часі, що відділяє надходження звуку до лівого й правого вуха, центральному відділу звукового аналізатора вистачає, щоб з'ясувати, звідки йде звук.

§

1. Складіть чотири запитання, на які можна знайти відповідь у частині параграфа «Які звуки ми сприймаємо?». Запропонуйте товаришеві відповісти на них.
2. За мал. 40.1 і 40.2 і текстом параграфа простежте, який шлях проходить звуковий сигнал в органі слуху до його рецепторного апарату. Назвіть усі структури, що беруть участь у передачі звукових коливань.

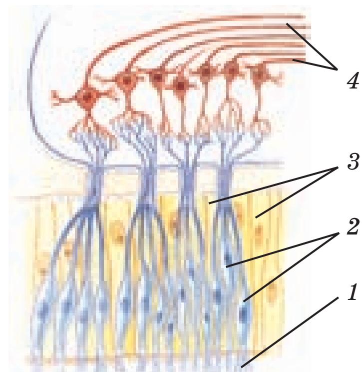
?

1. Чи може людина сприймати коливання середовища частотою 15 Гц? 300 Гц? 25 000 Гц? **2.** Які особливості будови слухового аналізатора дають нам змогу визначати, звідки надходить звук? **3.** Яку будову має зовнішнє

вухо? середнє вухо? внутрішнє вухо? **4.** Яка роль мембрани овального вікна й рідин завитки в передачі звукових хвиль? **5.** Як функціонує кортіїв орган? **6*.** Чому під час зльоту й посадки літака пасажирам пропонують смоктати льодяники? **7*.** Як гучна музика може вплинути на орган слуху і центральну нервову систему?

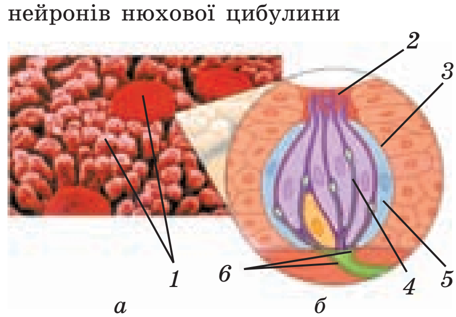
§ 41 Сенсорні системи смаку, нюху, рівноваги, руху, дотику, температури, болю

Смакова і нюхова сенсорні системи. Сенсорними стимулами смакового й нюхового аналізаторів є молекули багатьох речовин, а хеморецептори, що їх уловлюють, беруть участь у перетворенні сенсорних сигналів на нервові імпульси. Унаслідок обробки цієї інформації в центральних відділах нюхового та смакового аналізаторів виникають відчуття запаху і смаку.



Мал. 41.1. Нюховий рецепторний апарат: *1* — волоски нейронів-рецепторів; *2* — нейрони-рецептори; *3* — опорні клітини; *4* — аксони нейронів нюхової цибулини

Хеморецептори нюху розташовані в слизовій оболонці верхньої частини носової порожнини. Це нейрони **(мал. 41.1)**, волоски яких спрямовані в носову порожнину і вкриті слизом. У ньому розчиняються леткі речовини, що досягають волосків. Якщо в носовій порожнині сухо, запахів ви не відчуєте: вологість є умовою їх виникнення. Унаслідок дії молекул речовин, які є в повітрі, на волоски рецепторів виникає нервовий імпульс. Нюховим нервом він надходить до головного мозку.

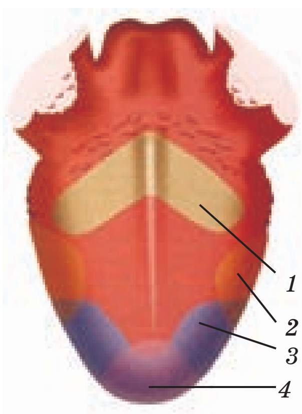


Мал. 41.2. Смакові сосочки на поверхні язика (*а*), будова смакового сосочка (*б*): *1* — смакові сосочки; *2* — смакова пора; *3* — смакова цибулина; *4* — рецепторна клітина; *5* — опорна клітина; *6* — дендрити чутливих нейронів

Сенсорна система смаку (мал. 41.2). Смакові хеморецептори розташовані у верхньому шарі епітелію ротової порожнини, насамперед язика. Це чутливі волоскові клітини, оточені опорними клітинами й зібрані в групи — смакові цибулини, які вбудовані в так звані сосочки язика. Впливати на рецептори

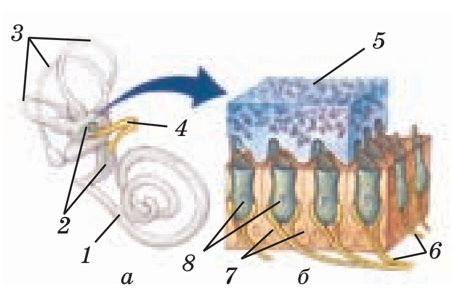
можуть лише речовини, розчинені у воді. Суха їжа сприймається нами як така, що позбавлена смаку.

Хеморецептори, розташовані на різних ділянках язика, відрізняються за чутливістю **(мал. 41.3)**. Хеморецептори на кінчику і краях язика чутливі до солодкого й солоного, на бічних поверхнях — до кислого, а біля кореня — до гіркого. Сигнали про дію подразників у вигляді нервового імпульсу потрапляють до головного мозку. Центральний відділ смакового аналізатора представлений ядрами стовбура, таламуса, смаковими зонами кори головного мозку. Смакові зони кори взаємодіють з асоціативною корою, формуючи образ об'єкта з певними смаковими властивостями.



Мал. 41.3. Смакова карта язика: *1* — гірке; *2* — кисле; *3* — солоне; *4* — солодке

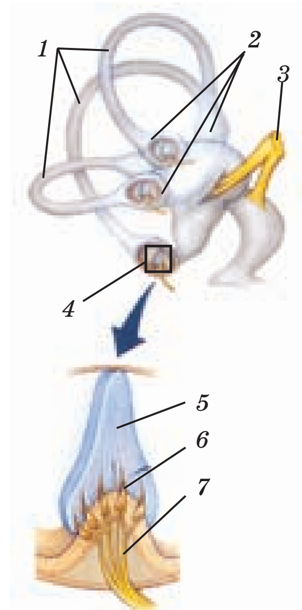
Орган рівноваги. Сенсорну систему, яка бере участь у підтримані рівноваги й постачає регуляторним системам інформацію про положення тіла в просторі, називають вестибулярною. Вестибулярна система реагує на прискорення, що виникає під час рухів тіла й голови. Рецептори вестибулярної системи розміщуються у спеціальному органі — вестибулярному апараті **(мал. 41.4 а)**. Він розташований поряд із завиткою в порожнині скроневої кістки черепа (кістковому лабіринті) і складається з двох мішечків і трьох півколових каналів, утворених зі сполучної тканини.



Мал. 41.4. Будова вестибулярного апарату (*а*) і рецепторного апарату мішечків (*б*): *1* — завитка; *2* — мішечки; *3* — півколові канали; *4* — нерви; *5* — отолітова мембрана; *6* — дендрити чутливих нейронів; *7* — опорні клітини; *8* — волоскові клітини

Рецепторами вестибулярного апарату є волоскові клітини, розташовані на стінках ***мішечка*** й ***півколових каналів***. Мішечки **(мал. 41.4 б)** і канали заповнені в'язкою рідиною, у якій містяться кристали кальцій карбонату — ***отоліти***. Коли людина тримає голову прямо, отоліти тиснуть на волоскові клітини на дні мішечка й виникає уявлення про вертикальне положення голови. Коли людина нахиляє голову, отоліти тиснуть на волоскові клітини бокових поверхонь мішечка.

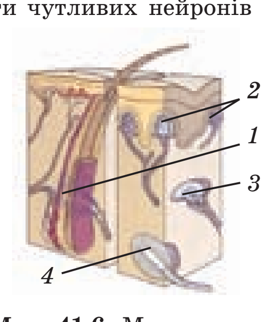
Півколові канали **(мал. 41.5)** пристосовані до сприйняття змін кутового прискорення, що виникає під час обертальних рухів. Під час таких рухів рідина в каналі або відстає в русі, або рухається за інерцією, і це збуджує волоскові клітини, розташовані в місцях з'єднання каналів з мішечками. Від рецепторів нервові імпульси передаються до центральної нервової системи.



Мал. 41.5. Будова півколових каналів і їх рецепторний апарат: *1* — півколові канали; *2* — ампули; *3* — вестибулярний нерв; *4* — рецепторний апарат; *5* — купула; *6* — волоскова клітина; *7* — дендрити чутливих нейронів

Інформацію про зміни, що відбуваються в опорно-руховій системі, постачають ***пропріорецептори***, розташовані в м'язах, сухожиллях, зв'язках і суглобових сумках. Ці рецептори дають нам змогу відчувати своє тіло, відносне положення різних його частин, рухи тощо. Система пропріорецепції найтісніше пов'язана з вестибулярною системою — разом вони беруть участь у формуванні схеми тіла.

Орган дотику. Відчуття дотику виникає внаслідок роботи механорецепторів шкіри **(мал. 41.6)**. Вони розташовані в шкірі нерівномірно: найбільше їх на ділянках, важливих для детального розпізнавання об'єктів — на кінчиках пальців, губах, язиці. Менше — на плечах, стегнах, спині. У дермі шкіри й у волосяних фолікулах розміщуються рецептори дотику. Нижче розташовані рецептори тиску. Ще глибше, у підшкірній жировій клітковині, містяться рецептори, що сприймають вібрації. Зазвичай під час механічних дій на шкіру збуджуються одразу кілька типів рецепторів. Рецептори шкіри сприймають лише зовнішні стимули й здатні адаптуватися до їхньої дії.



Мал. 41.6. Механорецептори шкіри: *1* — рецептор волосяного фолікула; *2* — рецептори дотику; *3* — рецептори тиску; *4* — рецептори вібрації

Терморецептори сприймають зміни температури тканин у тих місцях, де вони розміщуються: у дермі, слизовій оболонці ротової порожнини, стравоході тощо. Так звані холодові терморецептори сприймають температуру −10...−41 °C, а теплові — +20...+50 °C. Робота холодових рецепторів спричиняє відчуття холоду, теплових — відчуття тепла. Найбільша щільність «датчиків температури» — у шкірі обличчя і рук. Холодових рецепторів на поверхні тіла більше, ніж теплових. Терморецептори дуже чутливі до зміни температури,

проте в певних межах здатні адаптуватися: влітку, заходячи в річку, ми відчуваємо прохолоду лише попервах.

Больова чутливість. Захисну функцію виконують в організмі ***ноцирецептори*** — рецептори болю, що містяться і в шкірі, і в усіх внутрішніх органах. Вони інформують організм про дію шкідливих стимулів різної природи (механічних, хімічних, температурних), примушуючи якнайскоріше звернути увагу на небезпеку, що йому загрожує. У разі дії подразника на ноцирецептор зазвичай виникає гострий біль. Проте одночасно збуджуються і суміжні рецептори болю, на які подразник безпосередньо не впливає. Як наслідок, ми відчуваємо тривалий тупий біль (згадайте про зубний біль, який поширюється від ушкодженого зуба на всю щелепу). Больові рецептори не адаптуються до дії подразників.

1. Складіть план до частини тексту «Смакова і нюхова сенсорні системи».

2. Використовуючи текст параграфа, доповніть опис подій, що відбуваються під час змін положення вашої голови.
Нахил голови вперед — ковзання… мембрани в мішечках — згинання… сенсорного епітелію — виникнення нервового… — передача… … у ЦНС. Поворот голови вліво — рух рідини в… — … купули — згинання волосків… — виникнення… — … … … у ЦНС.
Порівняйте ваші описи. Чи є в них відмінності?

1. Якою є функція смакового й нюхового аналізаторів? **2.** Де розташовані рецептори сенсорної системи нюху? **3.** Як інформація про пахучі речовини передається до центрального відділу нюхового аналізатора? **4.** У чому схожість роботи мішечків вестибулярного апарату та його півколових каналів? **5.** Як виникає відчуття кисло-солодкого смаку? **6.** Визначте час адаптації ваших нюхових рецепторів до різних запахів. **7*.** У чому полягає біологічний сенс адаптації рецепторів дотику та температури? **8*.** Доторкніться до шкіри руки, а потім натисніть на неї. Які відчуття у вас виникають, які рецептори в цей час працюють?

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ’Я

Захист системи зору і слуху

Порушення зору спричинюють вади оптичної системи ока, ушкодження зорової зони кори й іннервації ока та очних м’язів, зміни у фоторецепторах. Вони можуть бути вродженими або набутими внаслідок хвороб, травм і недотримання норм гігієни зору.

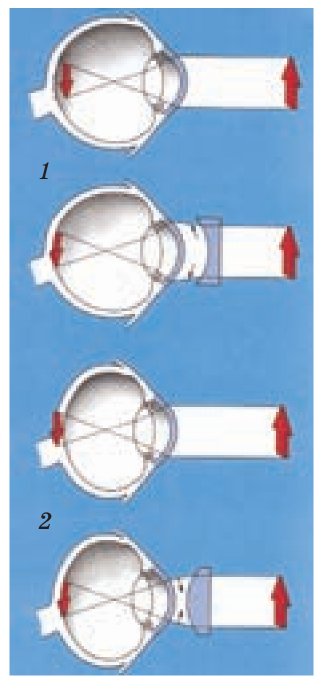
За вродженої зміни діаметра ока неможливо отримати чітке зображення предмета на сітківці **(мал. 1)**. Якщо діаметр ока збільшений, то фокус його оптичної системи розміщується перед сітківкою, якщо вкорочений — поза нею. Такі явища називають, відповідно, ***короткозорістю*** й ***далекозорістю***.

До таких порушень зору призводить і набуте послаблення акомодації кришталика. Воно може бути наслідком великих зорових навантажень і вікового зменшення еластичності кришталика. У разі короткозорості користуються окулярами з двоввігнутими лінзами, а за далекозорості — з двоопуклими лінзами. Астигматизм, тобто нерівномірну кривизну рогівки, корегують за допомогою лінз циліндричної форми. Косоокість спричиняється порушенням іннервації м'язів одного з очей і супроводжується вадами бінокулярного зору.

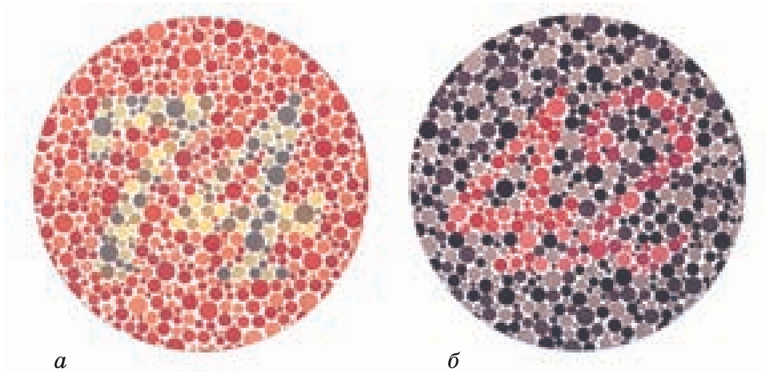
У 8 % чоловіків і 0,5 % жінок спостерігаються порушення колірного зору **(мал. 2)** переважно в червоній або зеленій ділянках спектра. Зазвичай це спадкове захворювання, яке називають дальтонізмом. У разі набутого дальтонізму може знижуватися сприйняття всіх кольорів. Рідше трапляється повна відсутність колірного зору — ***монохромазія***.

Причинами порушення слуху можуть бути ушкодження барабанної перетинки, кортієвого органа, слухових нервів тощо. Ушкодження барабанної перетинки виникають як ускладнення отиту — запалення середнього вуха. Її цілісність може бути порушена внаслідок травм або спроб чистити вуха гострими предметами, різкої дії сильних звукових хвиль. До ушкодження кортієвого органа можуть призвести звукова травма, дія токсичних речовин або навіть деяких антибіотиків. У літньому віці спостерігається зниження слуху в діапазоні високих частот. Як наслідок — послаблюється сприйняття мовлення.

Дефекти зору і слуху часто виникають від надмірного навантаження на органи чуттів. Прогрес зробив наше життя різноманітнішим і зручнішим. Проте наші органи чуттів не були пристосовані до таких перевантажень, як тривала дія виробничих шумів, аудіоплеєрів і телефонів, миготливих зображень на екранах моніторів і телевізорів тощо. Отже, кожний має оберігати органи чуттів від передчасного зношення.



Мал. 1. Порушення зору: *1* — короткозорість; *2* — далекозорість



Мал. 2. Сприйняття кольору: за нормального зору видно число 74, за порушення сприйняття червоного й зеленого кольорів — число 21 (*а*); за нормального зору видно число 42, за порушення сприйняття зеленого — цифру 4 (*б*)

Про гігієнічні умови читання відомо всім з першого класу. Не менш важливими є й правила користування комп'ютером. Його монітор має бути оснащений спеціальним оптичним фільтром і розташований на відстані 50–60 см від очей. Час роботи на комп'ютері не має перевищувати 4 год, і через кожні 15–20 хв необхідно давати очам відпочинок.

Варто бути обережними і під час використання аудіоплеєрів. Низькі звуки гучністю в 130–140 децибелів, подібні до ревіння літака (а саме такі звуки характерні для багатьох сучасних музичних творів), здатні травмувати клітини кортієвого органа, що неминуче призводить до зниження слуху.

Наша лабораторія

Феромони

Деякі леткі речовини наш організм виділяє назовні у вкрай малих концентраціях. Ми зазвичай не відчуваємо їхнього запаху, проте вони здатні впливати на нашу поведінку на підсвідомому рівні. Ці речовини називають феромонами. Вони утворюються в шкірних залозах, а також синтезуються мікроорганізмами на поверхні шкіри зі статевих гормонів, що виділяються разом з потом. Склад феромонів залежить від наших генів, а також від того, що ми їмо, у яких умовах ми живемо, як себе почуваємо, у якому ми настрої. Тому феромони вельми індивідуальні. Той факт, що феромони синтезуються зі ста-

тевих гормонів, свідчить, що вони відіграють значну роль у статевій поведінці. Часто саме феромони першими дають нам змогу оцінити привабливість людини протилежної статі.

У дітей в організмі дуже низький рівень статевих гормонів, і це визначає їхній специфічний запах, що підсвідомо викликає у дорослих ніжне і зворушливе ставлення до них. Тож запах може й оберігати.

Підсумки

Сенсорні системи призначені для одержання інформації про подразник, перетворення сигналу на нервовий імпульс і проведення його до відділу центральної нервової системи, де здійснюватиметься його подальша обробка.

Залежно від типу подразника, який сприймає аналізатор, в організмі людини розрізняють зорову, слухову, смакову, нюхову, вестибулярну сенсорні системи та орган дотику, термочутливості і больової чутливості.

Усі сенсорні системи побудовані за загальним планом: є рецепторний відділ, який сприймає фізичний подразник і генерує нервовий імпульс, провідний шлях — нерв, яким інформація про подразник надходить до центральної нервової системи, і відповідний відділ центральної нервової системи, де інформація обробляється і формується адекватна відповідь на дію подразника.

За типом подразника, який сприймається, розрізняють фоторецептори (реагують на світло), хеморецептори (хімічне чуття), механорецептори (реагують на дотик), терморецептори (температурна чутливість) та ноцирецептори (реагують на біль).

Головною для життя людини є зорова аналізаторна система. Через зоровий аналізатор людина одержує до 90 % інформації про навколишній світ.

Працюємо разом

Проведіть конференцію «Сенсорні системи людини й інших тварин». Зверніться до додаткової літератури й Інтернету, підготуйте повідомлення про особливості сприйняття у ссавців, комах, молюсків тощо. Знайдіть додаткову цікаву інформацію про сенсорні системи людини. Запросіть на конференцію учнів 5–6 класів.



Тема 9

Вища нервова діяльність

Навіть ваш не дуже великий життєвий досвід підказує, що люди відрізняються за енергійністю й витривалістю, за темпом роботи, за тим, наскільки емоційно вони реагують на успіх або невдачу. Що є причиною індивідуальних особливостей психіки й поведінки людини?

Уся ваша щоденна діяльність опосередкована процесами сприйняття, уваги, уявлення, пам'яті, мислення тощо. Щоденно ви спілкуєтеся за допомогою мовлення. Як пов'язані ці психічні процеси з роботою нервової системи, які її складові за це відповідають?

Ви звикли, що активність вашого організму підпорядкована певному ритму: інтенсивна робота спричинює втому, за якою йде відпочинок, неспання чергується зі сном. Яку роль у такій ритмічності відіграє головний мозок, які його відділи її контролюють?

На ці запитання ви знайдете відповіді в розділі «Вища нервова діяльність». Ви дізнаєтеся про структури мозку, від яких залежить функціонування психіки; про властивості пам'яті людини; про природжену й набуту поведінку; про види навчання, завдяки яким формується поведінка.

§ 42 Поняття про вищу нервову діяльність та її основні типи

Вища нервова діяльність. Вам уже відомо, що нервова система бере участь у регуляції роботи всіх систем органів, забезпечує підтримання гомеостазу, а також формує поведінку людини. Проте цей перелік завдань нервової системи не є повним. Завдяки головному мозку відбувається також ***вища нервова діяльність*** **(*ВНД*)**, відповідальна за явища у внутрішньому світі людини, за психічні процеси, які для неї характерні. Видатний фізіолог І. П. Павлов, засновник учення про вищу нервову діяльність, навіть вважав цей термін синонімом психічної діяльності. Проявами ВНД мозку він вважав також мислення і свідомість людини.

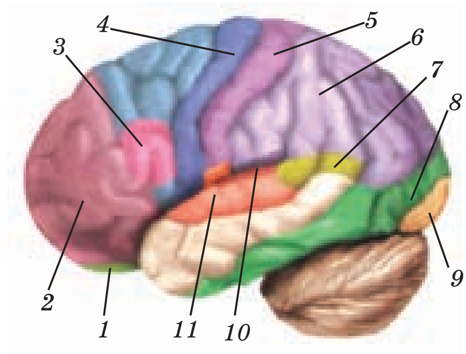
Установлено, що за всі психічні процеси людини відповідають певні відділи кори головного мозку **(мал. 42.1)**. Цей зв'язок учені досліджують, спостерігаючи за людьми з різними травмами мозку, вивчаючи його роботу методами електроенцефалографії, томографії тощо.

Так, було з'ясовано, що за зорові відчуття й сприйняття відповідають потиличні ділянки кори головного мозку, за слухові відчуття й образи — скроневі відділи кори. У тім'яній ділянці кори формуються тактильні відчуття. Поряд розташована рухова кора, яка забезпечує довільні рухи. Ділянки лівої півкулі відповідають за сприйняття звуків мови й за артикуляцію. Спільна робота цих центрів забезпечує людське мовлення.

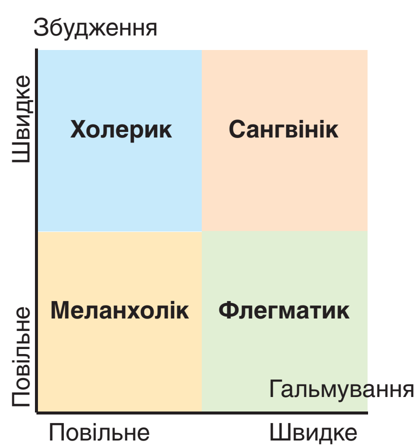
У гіпокампі відбуваються процеси, пов'язані з пам'яттю, а в гіпоталамусі, лімбічній системі — за потреби й мотивації людини. Роль диригента у ВНД відіграє кора головного мозку, її лобові частки, які забезпечують мислення, планування і контроль нашої поведінки.

Типи вищої нервової діяльності. Завдяки дослідженням І. П. Павлова було встановлено, що властивості центральної нервової системи залежать від сили, урівноваженості й рухливості збудження та гальмування нервових процесів. ***Сила збудження*** визначається здатністю нейронів кори головного мозку до тривалого й сильного збудження. ***Урівноваженість*** характеризує співвідношення процесів гальмування і збудження нервових процесів. ***Рухливість*** проявляється у швидкості переходу нейронів кори зі стану збудження в стан гальмування. За різними комбінаціями цих властивостей І. П. Павлов виокремив чотири типи ВНД **(мал. 42.2)**, які співвідносяться з типами темпераменту.

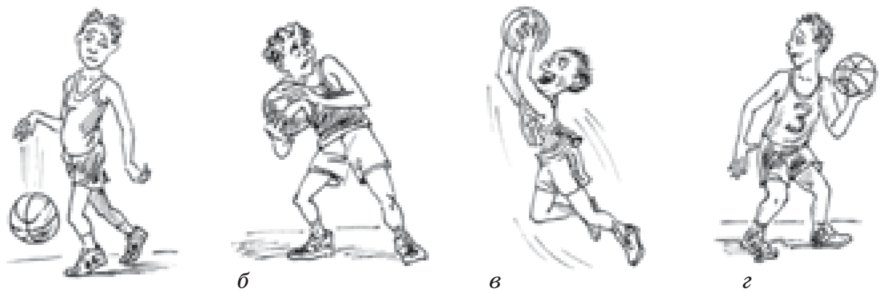
Темперамент — поняття, яке ввів ще давньогрецький лікар Гіппократ (IV ст. до н. е.), намагаючись пояснити індивідуальні особливості психіки



Мал. 42.1. Відділи кори головного мозку та психічні процеси, за які вони відповідають: *1* — центр сприйняття нюхової інформації; *2* — лобова зона (аналітичне мислення); *3* — руховий центр мовлення (зона Брока); *4* — зона довільних рухів; *5* — зона тактильної чутливості; *6* — зона формування цілісних образів дотику; *7* — центр сприйняття мовлення; *8* — центр аналізу зорової інформації; *9* — зона зорового сприйняття; *10* — зона слухового сприйняття; *11* — центр аналізу слухової інформації



Мал. 42.2. Типи темпераменту



а *б* *в* *г*

Мал. 42.3. Ситуація однакова — реакції людей різні: флегматик (*а*), меланхолік (*б*), холерик (*в*), сангвінік (*г*)

людини. Хоча пояснення Гіппократа причин відмінностей у цих характеристиках було неправильним, принцип поділу зберігся до сьогодні, але був уточнений і доповнений.

За темпераментом людей поділяють на сангвініків, холериків, меланхоліків і флегматиків.

За І. П. Павловим, сангвінікам, або людям із ***сангвінічним типом ВНД***, властива нервова система сильного врівноваженого рухливого типу (однаково сильні процеси збудження і гальмування з високою рухливістю і врівноваженістю). ***Холеричному типу ВНД*** — сильний неврівноважений рухливий тип нервової системи (велика сила збудження і гальмування, висока рухливість нервових процесів). Для ***флегматиків*** є характерною нервова система врівноваженого інертного типу (велика сила нервових процесів, низька їх рухливість, урівноваженість процесів збудження і гальмування). ***Меланхолічному темпераменту***, або ***меланхолічному типу ВНД***, відповідає нервова система слабкого неврівноваженого типу (слабкість процесів збудження і гальмування, їх низька рухливість і неврівноваженість).

Темперамент і психічні особливості людини. У який спосіб тип темпераменту, або ВНД, позначається на поведінці й психічних особливостях людини?

Перш за все через ***розумову активність*** і ***емоційність***. Проявами інтелектуальної активності є допитливість і прагнення до розумової роботи. Високий ступінь розумової активності часто є характерним для сангвініків і холериків.

Емоційний бік темпераменту проявляється через ***сприйнятливість*** і ***збудливість*** людини. Одна й та сама зовнішня подія спричиняє в людей з різним типом темпераменту реакцію різної сили та стійкості (**мал. 42.3**). У холериків враження виявиться нестійким, а меланхоліки довго не можуть його позбутися. Холерики й мелан-

холіки імпульсивні, а сангвініки і флегматики емоційно стійкі. Про темперамент людини свідчать швидкість, ритм і темп практичних дій і мовлення, виразність ходи, міміки. Так, повільна плавність мовлення в поєднанні з повільними рухами характерні для флегматика, а кваплива мова, різкі рухи — для холерика.

Властивості темпераменту, притаманний людині тип ВНД впливають на формування її характеру. За певного темпераменту одні риси формуються легше, інші — важче. Проте вирішальну роль у тому, яким буде характер людини, відіграють соціальні умови її життя, виховання, а починаючи з певного віку, і самовиховання.

Так, імпульсивність — яскраво виражена властивість холерика. Вона може розвинутися в нестримність, якщо людина не навчиться контролювати свої вчинки. За інших умов виховання завдяки імпульсивності людина стає рішучою, здатною без зайвих вагань іти до поставленої мети.

Отже, вплив соціальних чинників може компенсувати певні властивості нервової системи або підсилювати їхні несприятливі сторони й ускладнювати адаптацію до життєвих умов. Необхідно знати про сильні й уразливі сторони власної психіки й цілеспрямовано розвивати позитивні риси характеру.

Пізніше було виділено ще одну властивість нервової системи — здатність до навчання, яка здобула назву динамічності — швидкості формування тимчасових нервових зв'язків.

У сучасних дослідженнях уявлення про ВНД були суттєво уточнені. Наразі вчені виявляють більше індивідуальних характеристик нервової системи, ніж їх було узагальнено І. П. Павловим у типах ВНД.

§

1. За мал. 42.1 визначте, які зони головного мозку вашого товариша активуються, коли він слухає музику, розмовляє, підіймає руку.
2. Користуючись інформацією, наведеною в параграфі, визначте тип темпераменту свого товариша; батьків.

?

1. Як учені досліджували зв'язок між психічними процесами й функціями нервової системи? **2.** Які структури нервової системи причетні до вищої нервової діяльності? **3.** Які характеристики нервових процесів визначають тип нервової діяльності людини? **4.** За якими особливостями поведінки людини ви визначите її як холерика? як меланхоліка? **5.** Які риси характеру з більшою вірогідністю формуватимуться у флегматика? у сангвініка? **6*.** За якими ознаками, що відбиваються в поведінці та спілкуванні, можна визначити тип вищої нервової діяльності людини? **7*.** Проаналізуйте твердження «Характер людини — це її доля».

§ 43 Умовні та безумовні рефлекси. Інстинкти

Задоволення будь-якої потреби вимагає від організму активного пристосування до навколишнього середовища, тобто комплексу цілеспрямованих рухових актів, який називають поведінкою. За механізмами реалізації розрізняють природжені й набуті форми поведінки людини.

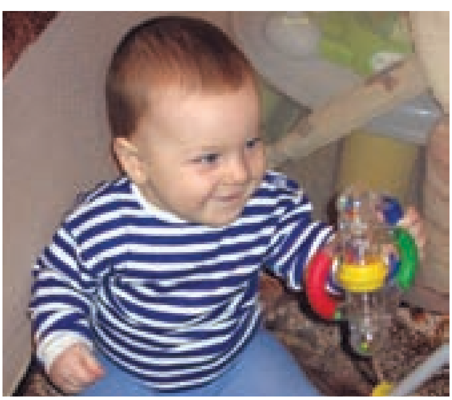
Безумовні рефлекси. Природженими формами поведінки є ***безумовні рефлекси***. Вони здійснюються за успадкованими програмами: центри рефлекторних дуг, що відповідають за ці рефлекси, розташовані в спинному мозку або стовбуровій частині головного мозку. Безумовні рефлекси дають організму змогу швидко й безпомилково відповідати на зміни гомеостазу й зовнішнього середовища. За видом біологічних потреб, на задоволення яких спрямовані безумовні рефлекси, їх поділяють на харчові, захисні, орієнтувальні, статеві.



Мал. 43.1. Годування новонародженого можливе завдяки безумовному смоктальному рефлексу

Харчовим рефлексом є смоктальні рухи, що виникають під час доторкання до губ немовляти будь-яким предметом **(мал. 43.1)**. Цей рефлекс властивий усім ссавцям, які одержують поживні речовини з молоком матері.

Захисні рефлекси спрямовані на задоволення потреби в безпеці: ви помічали, як у відповідь на різкий рух руки біля обличчя мимовільно відхиляється голова й виникає мигальний рефлекс. Піднесіть пальці до долоньок новонародженого: він ухопиться й буде міцно триматися за них. Для сучасної дитини цей рефлекс не має життєвого значення. Проте він був важливий за часів первісності, коли матері носили немовлят на руках: ухопившись за матір, дитина зберігала стабільне положення в просторі.



Мал. 43.2. Орієнтувальний рефлекс є основою формування складних пізнавальних дій

Не всі безумовні рефлекси виявляють себе відразу після народження. Так, приблизно через тиждень у дити-

ни з’являється ***орієнтувальний рефлекс***, або рефлекс «що таке, хто такий?». Це реакція на появу нового подразника: поворот у його бік голови або очей дитини. Орієнтувальний рефлекс є чинником виникнення мимовільної уваги, з нього розпочинається оцінка значущості діючого подразника. Він є передумовою появи складних форм поведінки (**мал. 43.2**).

У період статевого дозрівання у людини з’являються ***статеві рефлекси***, пов’язані з потребою в продовженні роду. Мотивацією цього рефлексу є так званий статевий потяг, виникнення якого «запускає» статеві рефлекси.

Не всі рефлекси зберігаються в людини впродовж усього її життя. Так, ще в дитинстві втрачається смоктальний рефлекс, а статеві рефлекси — у старості зі зникненням статевого потягу. До вроджених форм поведінки належать інстинкти — складні послідовності безумовних рефлексів. Інстинктивною є, наприклад, шлюбна поведінка птахів, ссавців. У людини інстинктивна поведінка виявляється рідко, в основному в неусвідомлених діях.

Умовні рефлекси. Безумовні рефлекси можуть задовольнити життєві потреби людини в дуже обмеженому колі ситуацій. Так, хоча потреба в їжі є однією з основних, проте вроджених форм поведінки, які забезпечують її добування, у людини не існує. Отже, щоб вижити в умовах середовища, що змінюються, людина має постійно формувати дії на свій страх і ризик. Що точніше ці дії враховують умови середовища й можливості організму, то успішнішою є поведінка. Цей досвід зберігається в пам’яті, і надалі дії, які призвели до задоволення потреби, можуть відтворюватися. Набута поведінка формується в людини, як і у тварин, протягом усього її життя.

Одним з видів набутої поведінки є ***умовний рефлекс***. Класичний його приклад — слиновиділення у відповідь на вигляд їжі, запах, постійний час годування. Механізмом умовного рефлексу є утворення тимчасового нервового зв’язку між центром певного аналізатора (зорового, нюхового тощо) і центром певного безумовного рефлексу. Як наслідок, раніше нейтральний подразник (вигляд, запах) стає сигналом, тобто умовним подразником, і спричиняє реакцію, характерну для безумовного стимулу (слиновиділення). У людини, як і в інших тварин, формується безліч умовних рефлексів, проте у спадок нащадкам вони не передаються.

Умовні рефлекси й формування поведінки. Як поводиться малюк, побачивши пляшку, з якої його годують? Якщо дитина голодна, вона починає кричати, тягнеться до пляшки. Це прояв умовного

рефлексу на подразник-сигнал — вигляд предмета, пов’язаного в дитини з отриманням їжі.

Одержавши пляшку, вона заспокоюється, оскільки може задовольнити харчову потребу. Коли малюк підростає, його починають годувати з ложки. Пляшка перестає бути умовним подразником: навіть якщо дитина певний час тягнеться до неї, вона виявляє, що пляшка порожня. Умовний рефлекс не підкріплюється появою безумовного стимулу (їжі) і згасає. Таке гальмування рефлексу називають умовним.

Прикладів згасання одних умовно-рефлекторних дій і появи інших можна навести безліч. Життєві ситуації змінюються, одні сигнали-стимули втрачають значущість, з’являються інші сигнали-стимули. Відповідно змінюється і поведінка людини, механізмом якої є умовно-рефлекторні реакції.

Умовний рефлекс і сприйняття. Сприйняття дає можливість розрізнювати подразники, що діють на організм. Але й умовні рефлекси впливають на точність сприйняття, сприяють тонкому розрізненню стимулів-сигналів. Малюку, якого постійно годують з однієї пляшки, запропонували вибрати «свою» пляшку з десятка схожих. Вибір виявився безпомилковим і швидким — дитині знадобилося для цього менше хвилини.

1. Виокремте в тексті відомості, які дадуть змогу з’ясувати відмінності між безумовними рефлексами, інстинктивною поведінкою та набутою поведінкою.
2. Уявіть, що ви збираєтеся сформувати в собаки умовний рефлекс слиновиділення на світло. Перечитайте текст і розробіть схему експерименту. Обговоріть із товаришем, за якої умови спалах лампочки стає стимулом-сигналом.
3. Знайдіть у тексті приклад, який ілюструє гальмування умовного рефлексу. Проаналізуйте його, з’ясуйте, за яких умов воно відбувається. Обговоріть із товаришем, чи можете ви навести приклади формування і гальмування умовного рефлексу зі свого досвіду.

1. У чому полягає відмінність поведінки собаки, що біжить до миски, побачивши їжу, і бджоли, що летить до медоносних квітів? **2.** Яких прикладів ви можете навести більше — набутої чи природженої поведінки людини? **3.** Які фізіологічні механізми лежать в основі умовно-рефлекторної реакції? **4*.** Що спричиняє гальмування умовного рефлексу? 5*. Наведіть приклади формування поведінки людини, механізмом якої є умовний рефлекс.

§ 44 Мова й мовлення

Функції мовлення. ***Мовлення*** є основним засобом людського спілкування. За його допомогою люди координують дії, передають свої думки й почуття, відкривають для себе досвід співрозмовників.

Цю функцію мовлення називають ***комунікативною***. Мовлення є також засобом зберігання, передачі й засвоєння людського досвіду. Завдяки ***пізнавальній функції*** мовлення знання про навколишній світ, про його властивості, про події, що відбувалися, про життя людей стають надбанням нових поколінь (**мал. 44.1**). Кожний з вас постійно застосовує мовлення в цій функції, працюючи з підручником, читаючи книжки тощо. Мовлення є важливим засобом психічної діяльності людини. Воно формує нашу свідомість, бере участь у всіх пізнавальних процесах (сприйнятті, пам'яті, уяві, мисленні).

Мова й мовлення. Скарбницею, з якої ви поповнюєте свій словниковий запас, є мова. ***Мова*** — це система слів, їхніх значень, а також правил їх застосування. Вона є інструментом, яким ми користуємося під час мовлення: завдяки мові ми маємо змогу висловлюватися й розуміти інших людей. Отже, мовлення людини — це мова в дії. Розвиток мовлення відбувається в процесі оволодіння мовою.

Що необхідно, аби те чи інше слово увійшло до вашого мовлення? Мало почути або прочитати слово — необхідно зрозуміти його значення. Так, ви використовуєте в мовленні слово «виразний», бо розумієте, що воно означає, а слово «експресивний» — ні, оскільки його значення вам невідоме. Проте достатньо звернутися до тлумачного словника, і значення слова буде з'ясовано, а слово поповнить ваш словниковий запас. Це один зі способів оволодіння мовою, а отже, й розвитку мовлення, яким користуються дорослі.

Як опановують мову, тобто форму слова та його значення, маленькі діти? Дорослі, спілкуючись із малюком, не лише вимовляють слова, але й демонструють йому предмети, які вони позначають.

«Яка красива в тебе чашка!» — говорить мама, намагаючись напоїти дитину молоком. Із часом і дитина, ука-



Мал. 44.1. Читання — шлях до пізнання себе і навколишнього світу

зуючи на свою чашку, сама вимовляє «ча». Так слово стає знаком, що набув певного значення: за ним у дитини стоїть образ власної чашки. Далі значення слова розширюється, й воно перетворюється для малюка на знак низки властивостей, характерних для будь-якої чашки. Так слово-знак окремого предмета перетворюється на слово-поняття, що позначає клас предметів, схожих за певними ознаками. Оволодіння мовленням відбувається у процесі спілкування з дорослими (**мал. 44.2**).

Фізіологічні основи мовлення. Ви пам'ятаєте, що функцією аналізаторів є сприйняття сигналів зовнішнього середовища й формування їхніх образів. Діяльність аналізаторів є основою для вироблення умовних рефлексів, властивих як тваринам, так і людині. Цю сукупність процесів І. П. Павлов назвав ***першою сигнальною системою***. На відміну від тварин, людині властива ще ***друга сигнальна система***, пов'язана з функцією мовлення, тобто зі словом, чутним або видимим (письмове мовлення). Слово, за І. П. Павловим, є сигналом для роботи першої сигнальної системи («сигналом сигналів»).

Більшість досліджень фізіологічних основ мовлення проводилися під час вивчення мовних порушень у людей з вадами мозкових структур. Так, було встановлено, що мовні центри розташовані в лівій півкулі головного мозку. Виявилося також, що ураження ділянки лобної частки кори (зони, або центра, Брока) призводить до втрати мови. Хворий розуміє мову на слух, але не може розмовляти або розмовляє «телеграфним стилем» — короткі фрази, які складаються лише з необхідних іменників, прикметників та дієслів (так звана моторна афазія). Здатність розуміти мову на слух пов'язана з певною ділянкою у скроневій частці кори великих півкуль (зона Верніке).



Мал. 44.2. Обов'язковою умовою формування мовлення є спілкування з дорослими

Ці два центри розташовані лише в корі лівої півкулі. А ось центр, відповідальний за артикуляцію, тобто проголошення слів, наявний як у лівій, так і правій півкулях. Наголос та інтонація у словах і реченнях регулюються центром у правій півкулі.

Якими є етапи обробки зорової інформації нейронами при називанні

побаченого предмета? Спочатку зорова інформація через сітківку і зоровий нерв потрапляє до зорової ділянки кори і через вищі зорові ділянки — до асоціативної кори, де відбувається розпізнавання зорового образу. Інформація про зоровий образ передається до зони Верніке, де й добираються слова для означення цього образу. Звідти нервовий імпульс надходить до зони Брока, де відбувається формування мови. На кінцевому етапі інформація про словоформи передається до рухової кори, де розміщується центр, відповідальний за артикуляцію — вимовляння слів.

Коли людина одержує звуковий сигнал, який вимагає відповіді, активація зони Верніке відбувається не через зорові, а через слухові центри.

Утворення умовного рефлексу на основі мовлення є важливою особливістю нервової діяльності людини. Слова є не лише слуховими або зоровими подразниками, вони несуть також певну інформацію про предмет або явище. У процесі оволодіння мовленням у людини виникають зв'язки між центрами кори, які сприймають сигнали від різних предметів та явищ, і центрами сприйняття їх словесних позначень. Тому в людини умовний рефлекс на словесний подразник легко відтворюється без підкріплення. Так, почувши слова «праска гаряча!», людина не стане торкатися її.

Біологічними передумовами розвитку мовлення є певні анатомічні особливості: будова губ, ротової порожнини, гортані, слухового апарату й кори головного мозку людини. Усі форми мовленнєвої діяльності регулюються не окремими мозковими центрами, а їх складною системою, що поєднує кілька ділянок кори головного мозку. У кожній півкулі розташований слуховий центр мовлення, де відбувається злиття слухових відчуттів, розрізнення і розпізнавання слів. Він пов'язаний з руховим центром мовлення, який відповідає за вимову слів **(мал. 42.1)**.

У кожної людини є природні задатки, необхідні для мовлення. Проте дитина, що до 11–12 років була позбавлена спілкування з дорослими, мовленням не оволодіває.

Мовлення й мислення. Мовлення є засобом, який людина майже завжди застосовує в мисленні. За допомогою мовлення ми формулюємо поняття, аналізуємо ознаки об'єктів, зв'язки, що між ними існують. Людське мислення може здійснюватися за допомогою внутрішнього, невимовного мовлення, а в окремих випадках людина використовує гучне мовлення. Внутрішнє мовлення допомагає сформувати думку, розвивати її. У випадку, коли завдання складне, ми

починаємо промовляти його розв'язання вголос, а іноді навіть звертаємося до письмового мовлення.

Єдиним способом донести результати свого мислення до інших людей є ***зовнішнє мовлення*** — усне чи письмове. Від уміння відтворити в мовленні свої думки, від досконалості, виразності вашого мовлення залежить успішність спілкування з іншими людьми.

1. У тексті названі функції мовлення. Знайдіть їх, наведіть приклади використання вами мовлення в цих функціях.

2. Зверніться до частини тексту «Мова й мовлення» і продовжте перелік запитань, на які в ній можна знайти відповідь:
а) *Чому мову називають інструментом мовлення?*
б) *Що є умовою усвідомленого використання слів у мовленні?*
в) …

3. Запропонуйте товаришеві вжити заходів, що дадуть змогу поповнити його словниковий запас словом «експресивний». Перевірте, чи вдалося йому це зробити.

1. Із наведених нижче прикладів мовлення виберіть ті, що виконують комунікативну функцію: повідомлення про продаж квартири, рекламне оголошення, запис у власному щоденнику. **2.** Чому звернення до словників є дієвим способом розвитку мовлення? **3.** Які структури ЦНС відповідають за мовлення? Які органи дають нам змогу вимовляти слова? **4.** У чому полягає відмінність між першою і другою сигнальними системами? **5*.** Поясніть, чи є правильним твердження: «У розвитку мовлення дитини головним є наслідування мовлення дорослих». **6*.** Проведіть експеримент: виконайте завдання, наведене нижче, і з'ясуйте, чи супроводжується його розв'язання мовленням — внутрішнім або зовнішнім.

Завдання. Із шести сірників побудуйте чотири рівносторонні трикутники.

§ 45 Навчання та пам’ять

Навчання. Нові форми поведінки з’являються у людини протягом усього її життя. Процес, протягом якого відбувається зміна поведінки, формування нових дій, що ґрунтуються на індивідуальному досвіді, називають ***навчанням***. Один із видів навчання — утворення умовних рефлексів. Які ще види навчання існують?

Активне навчання. Завдяки умовно-рефлекторній поведінці відтворюються дії, результат яких відомий наперед. Проте як бути, якщо невідомо, як необхідно діяти, щоб досягти бажаного результату? У цьому випадку ефективним є метод спроб і помилок. Повернімося до спостережень за дітьми. Малюк одержав у подарунок пенал, у якому щось принадно подзвонює. Намагаючись його відкрити, дитина обмацує, постукує ним по столу — усе марно. Нарешті вона натискає на клямку — і пенал відкривається. Наступного разу дитина відкриває й цей пенал, й інші схожі коробочки, відразу виконуючи саме ту дію, яка привела до успіху. Під час активного навчання поведінка спрямована на пошук ефективних дій — тих, що приведуть до бажаних результатів (**мал. 45.1**). Такі дії зберігаються в пам’яті й у подальшому відтворюються.

Навчання через спостереження. Людина набуває нових форм поведінки, спостерігаючи за тими, хто її оточує. Унаслідок спостереження за дорослими й наслідування їх діти поступово опановують багато навичок, які стануть у пригоді в подальшому житті. Спочатку дії малюка лише нагадують дії дорослого, проте поступово вони стають точнішими.

Когнітивне навчання ґрунтується на розумовому переробленні інформації й використанні нового знання. Так, лаштуючись похмурим днем вийти з дому, ви роздумуєте, чи брати із собою парасольку. Щоби прийняти рішення, ви збираєте необхідну інформацію: дізнаєтеся про прогноз погоди, глянувши у вікно, з’ясовуєте, чи є вітер і дощові хмари. Поєднавши цю інформацію зі спогадами про погоду в попередні дні та



Мал. 45.1. Гра — одна з найефективніших форм активного навчання



Мал. 45.2. Подивіться протягом 20–30 с на зображення предметів, а через кілька хвилин спробуйте їх пригадати. Скільки об'єктів зберегла ваша короткочасна пам'ять?

оцінивши, до яких наслідків може призвести прогулянка під дощем без парасольки, ви, швидше за все, вирішите взяти її.

До когнітивного навчання відносять ***інсайт*** («осяяння») — раптову здогадку про те, як саме потрібно діяти. Такій здогадці зазвичай передує тривала розумова робота над проблемою, що постала перед людиною. У певний момент різні фрагменти інформації, немов розкидані в пам'яті, об'єднуються, і на їх підставі формується рішення.

Пам'ять. Пам'ять є універсальним процесом, завдяки якому ми зберігаємо й у потрібний момент можемо відтворити те, що набуто в нашому досвіді. Так, пам'ять пов'язує наше минуле із сьогоденням і майбутнім.

Фази пам'яті. У пам'яті зберігається будь-яка інформація, одержана людиною, але термін зберігання може бути різним — від частки секунди до десятиріч. Найменш тривалою фазою пам'яті є ***миттєва пам'ять***. Їдучи в машині, завдяки органам зору ви отримуєте інформацію про всі без винятку деталі пейзажу за вікном. Проте ці образи затримуються в пам'яті не більш як на секунди. Перелічуючи предмети, які поставали перед очима хвилину тому, ви не назвете й десятої частки побаченого. Ви пригадаєте лише ті деталі пейзажу, що привернули вашу увагу. Саме вони переходять до наступної фази — ***короткочасної пам'яті***.

Короткочасна пам'ять утримує лише частину образів подій і предметів, а термін їх зберігання коливається від хвилини до декількох годин. Покажіть другові 15–20 зображень різних предметів, а через декілька хвилин попросіть згадати, що він бачив (**мал. 45.2**). Ви впевнитеся, що він запам'ятає від 5 до 9 зображень.

Якщо інформація, яка привернула вашу увагу, найближчим часом не використовується, вона забувається. Лише за спеціальних зусиль така інформація переміщується до ***довготривалої пам'яті***.

Інформація, яка зберігається у довготривалій пам'яті, може бути відтворена через роки й навіть десятиріччя. Перенесення інформації з короткочасної пам'яті до довготривалої часто потребує певних дій, спрямованих на запам'ятовування. Як запам'ятати надовго номер телефону, наприклад, 753-69-78? Багаторазове повторення не гарантує, що він збережеться в довготривалій пам'яті. Надійніший спосіб запам'ятати цей набір цифр надовго — відшукати в ньому певні закономірності (визначте, які саме!).

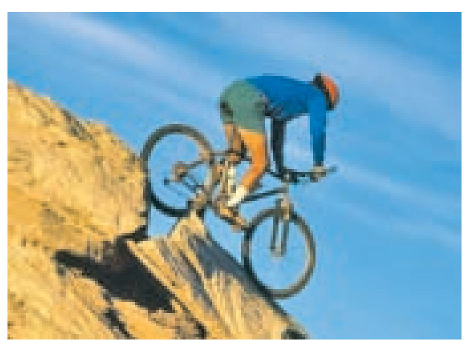
Види пам'яті. ***Рухова*** **(*моторна*)** ***пам'ять*** відповідає за запам'ятовування і відтворення рухів. Завдяки їй ми виконуємо звичні дії автоматично, не замислюючись над тим, як ходити, писати, їздити на велосипеді **(мал. 45.3)**.

Образна пам'ять зберігає звукові, зорові, тактильні образи. Від неї залежить ваша здатність наспівати улюблену мелодію, описати вподобану картину або на підставі образу, сформованого під час тактильного обстеження, упізнати предмет.

Емоційна пам'ять фіксує емоційні реакції. Емоції відбивають значення для нас тих чи інших подій і надалі стають підказками в поведінці. Так, відчуття тривоги, що виникає під час зустрічі з людиною, яка колись викликала неприємні емоції, примушує нас поводитися з нею обережно.

Словесно-логічна пам'ять зберігає поняття, думки, висновки, виражені в словесних формулюваннях. Цей вид пам'яті безпосередньо пов'язаний з мовою, оскільки думка не існує поза мовою.

Індивідуальні особливості пам'яті. У навчанні й повсякденному житті необхідно враховувати особливості власної пам'яті й активно використовувати той її вид, який для вас є провідним. В одних людей краще розвинена зорова пам'ять, у інших — слухова або рухова. Якщо у вас переважає зорова пам'ять, навчіться подавати інформацію у вигляді схем, таблиць та інших зорових образів. У разі слухового типу підключайте слухові образи: читайте вголос, промовляйте головні думки, відповідайте на запитання, беріть участь у дискусії. Якщо провідною є рухова пам'ять, то для запам'ятовування тексту зробіть виписки, складіть його конспект, підкресліть у ньому головне.



Мал. 45.3. Завдяки моторній пам'яті можна їздити на велосипеді навіть у складних умовах

Умовою розвитку пам’яті є різноманітна діяльність і насичене подіями життя. Нові позитивні враження дуже важливі для підтримання пам’яті «у робочому стані». У пасивної та байдужої людини активність мозку знижується, погіршується пам’ять, послаблюється концентрація уваги.

1. Виокремте в тексті параграфа відомості про види навчання, розкажіть про них товаришу. Наведіть із власного досвіду приклади навчання кожного з видів.
2. Проаналізуйте приклад когнітивного навчання, наведений у тексті, за таким планом: а) намір діяти; б) проблема; в) уточнення інформації про ситуацію; г) формування плану можливих дій; д) прогнозування їх результатів; е) вибір дії та її реалізація.
3. За текстом з’ясуйте, якими є відмінності між миттєвою, короткочасною й довготривалою пам’яттю. Проаналізуйте власний досвід і наведіть приклади роботи пам’яті в кожній із цих фаз.
4. Звертаючись до тексту, визначте, за якою ознакою пам’ять поділяють на рухову, образну, емоційну та словесно-логічну.
   Порівняйте свій почерк і почерк вашого товариша. Який вид пам’яті зумовлює відмінності між ними?

1. Чим відрізняється навчання через формування умовних рефлексів від активного навчання? **2.** Чому активне навчання називають методом спроб і помилок? **3.** До якого з видів навчання можна віднести навчання каліграфії? **4.** Які функції виконує пам’ять? **5.** За яких умов інформація з миттєвої пам’яті переходить до короткочасної пам’яті? **6.** У чому полягає різниця між функціями короткочасної та довготривалої пам’яті? **7*.** Як відбувається засвоєння соціальних норм поведінки під час активного навчання? **8*.** Спираючись на власний досвід, поясніть, які завдання ви розв’язуєте засобами словесно-логічної пам’яті.

§ 46 Мислення та свідомість

Мислення. Серед наших знань про навколишній світ є багато таких, що набуті лише за допомогою відчуттів і сприйняття. Завдяки їм ми пізнаємо властивості об’єктів, які можна відкрити безпосередньо — розглядаючи їх, обмацуючи або прислухаючись.

Але атом недоступний нашому зору, а ультразвук — слуху, проте нам відома будова атома, і ми знаємо, що таке ультразвук. Ці знання отримані завдяки мисленню, що виконує пізнавальну

функцію: за його допомогою ми відкриваємо властивості об’єктів, що недоступні безпосередньо органам чуттів. Як улаштований процес мислення? Завдяки чому воно дає нам змогу вийти за межі чуттєвого досвіду?

Словесно-логічне мислення. Проаналізуємо приклад, відомий з історії науки. У XIX ст. французькому астроному Урбену Левер’є вдалося відкрити одну з планет Сонячної системи без допомоги телескопа — на аркуші паперу. Левер’є знав, що орбіта Урана не відповідає загальним закономірностям руху планет навколо Сонця. Постала ***проблема***: у чому причина цього явища? Щоб це пояснити, він висунув ***гіпотезу***: на Уран впливає невідомий об’єкт. Учений вдався до ***аналізу*** орбіт планет Сонячної системи й розрахував величину відхилення Урана від «правильної» траєкторії.

Левер’є зробив ***умовивід***: невідоме космічне тіло є планетою Сонячної системи. Пізніше астрономи за допомогою телескопа виявили її саме там, де вказав Левер’є. Цю планету назвали Нептун.

Поняття, моделі — це засоби мислення; ***аналіз, синтез, гіпотеза, умовивід*** — прийоми, які використовуються в його процесі. Таке мислення здійснюється за обов’язковою участю мови (природної і штучної), тому його називають ***словесно-логічним***.

Не менш важливим є ***образне мислення***, засобами якого є зорові, слухові або рухові образи. Проте й під час образного мислення людина аналізує ситуацію, синтезує інформацію, формулює гіпотезу — застосовує загальні прийоми мислення **(мал. 46.1)**. Інколи образне мислення дає змогу значно пришвидшити розв’язання завдань. Так, досвідчений водій, оперуючи образами машини й місця, де її необхідно припаркувати, зіставляє ці два об’єкти.

Пізнавальна функція мислення людини тісно пов’язана з ***прогностичною***. Завдяки мисленню людина може створювати образ майбутнього і планувати дії, спрямовані на його реалізацію. Отже, мислення бере участь у регуляції поведінки людини.

Свідомість. Якщо ви перебуваєте у стані активного неспання, то ваша відповідь на запитання «Чи усвідомлюєте ви, що навколо вас відбувається?» зазвичай буде стверджувальною. Доказом усвідомлення може бути ваш звіт про явища, події, предмети, що вас ото-



Мал. 46.1. Щоби спроектувати таку чудову будівлю, необхідне розвинене образне мислення

чують, тощо. До змісту свідомості належать також ваші дії, думки, відчуття, переживання, спогади.

Слова «свідомість» і «відати» (синонім «знати») мають однаковий корінь невипадково. ***Свідомість*** є проявом здатності людини ставитися до всього, що її оточує, і до самої себе з позиції засвоєних нею знань. Виникнення свідомості людини в антропогенезі є наслідком появи мови, яка стала засобом координації спільної діяльності, збереження і передачі суспільного досвіду. У процесі індивідуального розвитку людини свідомість також формується у спілкуванні завдяки мовленню й мові.

Свідомість дає людині змогу планувати власну діяльність: ставити цілі, критично оцінювати результати своїх дій. Без відбиття у свідомості неможливе розуміння людиною свого внутрішнього світу. Усвідомлення дає людині змогу аналізувати власний душевний стан і в разі потреби давати йому раду, відшукувати шлях розв'язання життєвих проблем.

Свідомість і психіка. Не всі психічні процеси відбуваються на свідомому рівні, не всі дії людини усвідомлюються. Тому в психіці людини виділяють не тільки ***усвідомлене***, але й ***неусвідомлене*** і ***несвідоме***.

Коли ви вчилися писати, рухи під час писання були усвідомленими: ви контролювали нахил ручки, відповідність написання букви зразку. Багаторазові повторення сформували у вас навичку писання, і тепер ви робите це автоматично. Послідовності дій, що виконуються автоматично, без участі свідомості, належать до неусвідомлюваної складової психіки. Але спробуйте написати слово іншою рукою — зробити це, не контролюючи себе, вам не вдасться. Так ваші дії з неусвідомлюваних знову перетворяться на усвідомлені.

Проте в людини є досвід, який через низку обставин витісняється з її свідомості й надалі зазвичай не усвідомлюється. Разом з тим він залишається змістом психіки, який називають несвідомим.

Несвідоме впливає на поведінку. Скажімо, людина може відчувати тривогу в порожньому приміщенні, не розуміючи причин свого страху. Його джерелом може бути негативний досвід, одержаний у ранньому дитинстві: наприклад, тяжкі переживання самотності в очікуванні батьків.

Змінені стани свідомості. Свідомість дає змогу людині оцінювати життєві ситуації та контролювати свою поведінку. Проте такий контроль ускладнюється в так званих ***змінених станах свідомості***. Зміненим станом свідомості є ***сон***, який у кожного з нас настає періодично. Зміни стану свідомості можуть бути й наслідком спеціальних

впливів на організм людини. Одним із них є ***гіпноз***. У гіпнотичний стан людину зазвичай вводять за допомогою цілеспрямованих словесно-звукових дій. Під час гіпнозу процеси свідомості гальмуються, людина втрачає самоконтроль і стає чутливою до навіювань гіпнотизера. Гіпноз використовують лікарі-психотерапевти для лікування багатьох нервових захворювань, страхів, заїкання тощо (**мал. 46.2**).



Мал. 46.2. Сеанс гіпнозу проводить лікар-психотерапевт

До змінених станів свідомості призводить дія наркотичних препаратів, алкоголю: у людини спотворюється сприйняття реальності, розладжується поведінка, з'являється безпідставне відчуття радості (ейфорії), що згодом змінюється на депресію або агресію.

Свідомість є великим привілеєм психіки людини, що дає їй змогу аналізувати й змінювати не тільки зовнішній, але й внутрішній світ, тобто саму себе. Свідомість — це могутній інструмент розвитку здібностей і талантів, тому власне психічне здоров'я вимагає не меншої відповідальності, ніж стан зору, слуху або серцево-судинної системи.

1. Знайдіть у тексті опис функцій мислення і приклади, що їх ілюструють. Зверніться до власного досвіду й наведіть приклад використання мислення у пізнавальній функції.
2. Складіть або знайдіть три завдання на образне мислення. Запропонуйте їх товаришеві. Проаналізуйте, як він їх виконує.
3. Знайдіть у тексті опис свідомості та її функцій. Спробуйте протягом 10–15 хв постежити за власним полем свідомості: з'ясуйте, що в цей час розміщується в ньому на «передньому плані», або в його фокусі, що — на периферії, як змінюється межа між ними. Опишіть свої спостереження.

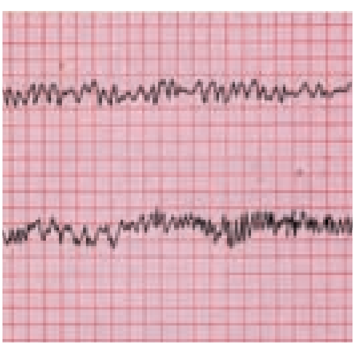
1. Якими є основні засоби словесно-логічного мислення? **2.** Який тип мислення є провідним для архітектора, музиканта, дизайнера? **3.** Назвіть функції свідомості. **4.** Чи є синонімами слова «психіка» і «свідомість»? **5.** Що є змістом неусвідомлюваного в психіці? Як цей зміст стає усвідомлюваним? **6*.** Поясніть, чому вживання наркотиків перетворює людину на їхнього раба. **7*.** Поясніть, чи є правильним твердження: «Мислення дає нам змогу виходити за межі знань, які ми отримуємо завдяки сприйняттю».



Мал. 47.1. Зняття ЕЕГ під час сну



а



б

Мал. 47.2. ЕЕГ під час сну: повільний (*а*) і швидкий (*б*) сон

§ 47 Сон. Біоритми

Сон. Сон здається нам станом повної бездіяльності, що супроводжується гальмуванням складових головного мозку, які відповідають за психічні процеси. Проте це не так — під час сну всі ці структури працюють, але в іншому, ніж під час неспання, режимі. Сон — це не лише відпочинок для мозку, але й активна перебудова його роботи, необхідна для впорядкування інформації, одержаної під час неспання.

Біологічні ритми чергування сну та неспання пов'язані зі зміною дня і ночі. Бажання спати таке ж природне, як і відчуття голоду, спраги, втоми тощо. Як не можна наїстися й напитися «про запас», так і виспатися наперед не можна. Біологічні ритми природжені та є однією зі сторін адаптації організму до навколишнього середовища. Вони допомагають заздалегідь підготуватися до передбачуваних змін.

Особливості функціонування мозку вві сні вчені досліджували методом ***електроенцефалографії (ЕЕГ)***, що дає змогу вимірювати електричну активність головного мозку **(мал. 47.1)**. Це його біопотенціали, які є сумарним показником, пов'язаним з імпульсною активністю нейронів під час сну. Виявилося, що головний мозок функціонує у двох різних фазах, які чергуються.

У фазі ***повільного сну*** реєструються повільні хвилі коливань електричної активності **(мал. 47.2 а)**. Це відносно глибокий сон, для якого характерні зниження тонусу м'язів, артеріального тиску, частоти серцевих скорочень, дихання тощо. У цій фазі сну чутливість аналізаторів зменшується в кілька разів. На фази повільного сну припадає близько 70 % усього часу сну.

Через кожні 1–1,5 год настає фаза ***швидкого сну***, яка триває близько 20 хв, ЕЕГ у цій

фазі **(мал. 47.2 б)** подібна до тієї, що характерна для неспання. У цей час очні яблука за стуленими повіками швидко рухаються, частішають серцеві скорочення і дихальний ритм, а тонус скелетних м'язів різко знижується. Зменшується у сотні разів і чутливість аналізаторів. Саме ця фаза сну супроводжується сновидіннями, які запам'ятовуються, якщо прокинутися в цей час.

Учені вважають, що фаза повільного сну необхідна для відновлення функціональної активності й метаболічних ресурсів організму. У фазі швидкого сну відбувається переведення інформації з короткочасної пам'яті в довготривалу, а під час сновидінь відтворюється важлива для організму інформація й інколи навіть виникають способи розв'язання суттєвих для людини проблем.

Сновидіння. ***Сновидіння*** виникають у фазі швидкого сну як результат обробки головним мозком інформації, отриманої людиною під час неспання. Сновидіння — не таємниче явище, воно спричинене психофізіологічними процесами в мозку. З настанням швидкого сну ці процеси переходять із підсвідомого рівня на свідомий. Оскільки загальмована кора великих півкуль не може забезпечити аналіз інформації, у сновидіннях події можуть відбуватися в довільних комбінаціях. Іноді бачене в сновидіннях виглядає цілком логічним і зрозумілим, а іноді — неймовірним. Проте ніякого підґрунтя, щоби бачити в сновидіннях будь-які знаки або натяки, немає.

Однак характер сновидінь може вказувати на деякі порушення стану психіки. Так, якщо людина перебуває у депресії, вона бачить тривожні, навіть страшні сновидіння. Якщо людина здорова, то у снах вона зазвичай знаходитиме вихід з усіх, навіть неймовірних ситуацій. Буває й так, що наяву ми зазнали невдачі, опинилися в неприємному становищі. Переживши таке, ми можемо знайти необхідну відповідь, дібрати вдалу репліку уві сні — пережити певну ситуацію ще раз і вийти з неї переможцем.

Біоритми. Чергування сну та неспання є проявом біологічного ритму. Життєдіяльність усіх живих організмів на Землі підпорядкована ритмічним коливанням — чергуванням фаз різної активності організму. Ритмічні зміни можуть мати різний період, оскільки пов'язані з добовим ритмом обертання Землі, зміною фаз Місяця, пір року. Найчастішими в організмі є добові зміни. Ці ритми дуже стійкі й зберігаються під час повної ізоляції людини від зовнішнього світу. До них належить і цикл сон-неспання. У межах цього ритму змінюється активність роботи мозку, інших внутрішніх органів, температура тіла людини (уранці вона на 1–1,5 °C нижча).

1. Звертаючись до тексту, з'ясуйте, навіщо потрібний сон. Знайдіть у тексті інформацію про те, які чинники впливають на чергування сну та неспання.
2. Відзначте в тексті 3–4 найцікавіші для вас факти. З'ясуйте у товариша, що зацікавило його. Використайте їх під час підготовки короткого усного реферату «Біоритми людського організму: сон і неспання».

1. Що відрізняє стан сну від стану неспання? **2.** Якими є відмінності між фазами сну? **3.** Яке значення мають сновидіння? **4.** До яких змін у стані організму може призвести переліт із Києва до Лос-Анджелеса? **5*.** Обґрунтуйте значення сну для функціонування організму. **6*.** Запропонуйте певні заходи для запобігання безсонню.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Біоритми і їхній вплив на психічний тонус людини

«Ранок від вечора мудріший» — учить нас народна приказка. Використовуючи знання про природу й функції сну, ви можете пояснити це спостереження з наукової точки зору. А як зрозуміти вираз «Понеділок — день важкий»? Чому так важко збиратися на навчання саме в понеділок уранці?

Порушення біоритмів призводять до погіршення самопочуття: людина скаржиться на втому і дратівливість, на розлади травлення, розумову й фізичну розбитість. Урешті-решт, ритми нормалізуються й синхронізуються. Одні ритми відновлюються раніше, інші — пізніше, проте для повної їх синхронізації завжди потрібний час. Далеко не всі люди потребують 8 годин нічного сну. Дехто чудово почувається після 4–5 годин, а інші не відчувають, що відпочили, якщо не посплять 8–9 годин.

Усі люди схильні дотримуватися саме свого розпорядку сну й неспання, і цей режим важливо не порушувати. У певний час ми їмо, йдемо до школи або на роботу, повертаємося додому. Рівень нашої розумової активності програмується розкладом навчальних занять.

Ритми організму людини пристосовуються до таких зовнішніх тимчасових сигналів. Збої в цій програмі (пропуски вранішнього часу підйому, перших уроків, запізнення на заняття) вимагають від організму додаткових зусиль і часу для повторного входження в заданий ритм. Не варто сподіватися, що пропущений день занять дасть вам змогу як слід відпочити: це просто виб'є вас із робочої колії.

Ви помічали, що одні люди активніші в першій половині дня, пік їхньої бадьорості й енергійності припадає на неї, їм легше рано вставати. Іншим зручно вставати пізніше й пізніше лягати спати, вони активніші в другій половині дня. Таких людей називають, відповідно, «жайворонками» й «совами», маючи на увазі схожість їхніх біоритмів з активністю в природі цих птахів. Схильність до ранішнього або вечірнього типу активності передається не лише генетично, але й формується під впливом життєвих умов. З того, що ви знаєте про біоритми людини, випливає, що природнішим для будь-якої людини є режим «жайворонка», саме до цього пристосовані наші біологічні функції. Потрібно бути досить обережним у зарахуванні себе до категорії «сов», виправдовуючи цим пізній відхід до сну. Часто належність людини до «сов» або «жайворонків» залежить від її поведінки і способу життя, а не від біологічних схильностей.

НАША ЛАБОРАТОРІЯ

Як розвинути спостережливість?

Дуже небагато людей є уважними спостерігачами. Проте вміння помічати деталі можна розвивати так само, як ми тренуємо м'язи,— за допомогою спеціальних вправ.

Вправа 1. Поставте перед собою будь-який предмет яскравого кольору (гребінець, фломастер, брелок тощо). Дивіться на нього протягом деякого часу, прагнучи запам'ятати його детально. Заплющте очі й пригадайте предмет якнайточніше. Погляньте на нього ще раз і з'ясуйте, про які деталі ви забули.

Вправа 2. Замалюйте детально з пам'яті предмети, які ви запам'ятовували під час виконання першої вправи. Порівняйте їх із малюнками.

Вправа 3. Ви будете здивовані, дізнавшись, наскільки приблизним є ваше уявлення про обличчя знайомих, якщо спробуєте їх описати. І це тому, що ви жодного разу уважно не вдивлялися в їхні риси. Почніть із розгляду деталей обличчя: придивіться до носа, очей, рота, підборіддя, форми обличчя й подумки складіть їхній опис. Ви можете також придивлятися до будинків, які ви щодня бачите, йдучи до школи, а потім подумки відтворювати їхні деталі.

Вправа 4. Цю вправу зробіть разом з товаришами. Покладіть на стіл сім будь-яких предметів і накрийте їх хусткою. Заберіть хустку, щоб товариші побачили предмети, полічіть до десяти, закрийте предмети знову. Запропонуйте друзям зробити якомога детальніший

опис кожного предмета. Перевірте, як це їм удалося. Поступово збільшуйте кількість предметів.

Вправа 5. Насипте на стіл купку сірників і спробуйте без підрахунку назвати їх кількість. Перевірте точність своєї оцінки, а потім насипте нову купку і продовжте вправу.

Вправа 6. Увійдіть до кімнати, швидко огляньте обстановку. Вийдіть і запишіть, що ви побачили, а потім порівняйте опис із оригіналом. Згодом ви навчитеся описувати будь-яке місце, де ви побували, з фотографічною точністю.

ПІДСУМКИ

До важливих функцій нервової системи належить забезпечення вищої нервової діяльності. Під нервовою діяльністю розуміють сукупність процесів, які відбуваються в головному мозку й впливають на формування поведінки людини.

Поведінка людини може бути природженою й набутою. Формою вродженої поведінки є безумовні рефлекси, а набутої — умовні рефлекси.

Набуті форми поведінки в людини з'являються протягом усього життя і є результатом навчання. Розрізняють кілька форм навчання: когнітивне, активне, через спостереження тощо. Навчання можливе завдяки пам'яті — здатності відтворювати набуте в нашому досвіді.

До видів вищої нервової діяльності належать мовлення — здатність висловлювати думки й судження, і мислення — здатність оперувати образами у свідомості.

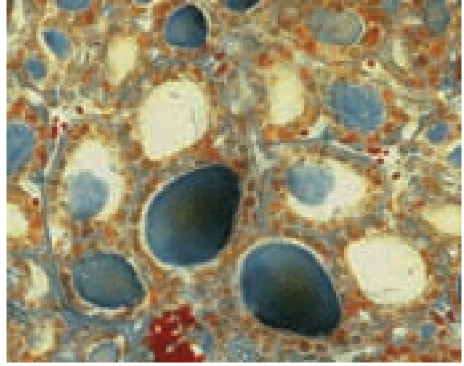
Проявом вищої нервової діяльності в людини є свідомість — здатність ставитися до всього навколишнього світу й до себе з позицій засвоєних знань і набутого досвіду. У свідомості розрізняють усвідомлюване й несвідоме. До змінених станів свідомості належать сон і гіпноз.

ПРАЦЮЄМО РАЗОМ

У додатковій літературі й Інтернеті знайдіть рекомендації щодо розвитку психічних процесів сприйняття і пам'яті. Створіть декілька груп і підготуйте завдання для занять (тренінгів), що допоможуть вам ознайомитися з прийомами, які спрямовані на розвиток цих процесів. Проконсультуйтеся зі шкільним психологом, проведіть у класі декілька таких тренінгів.

Тема 10

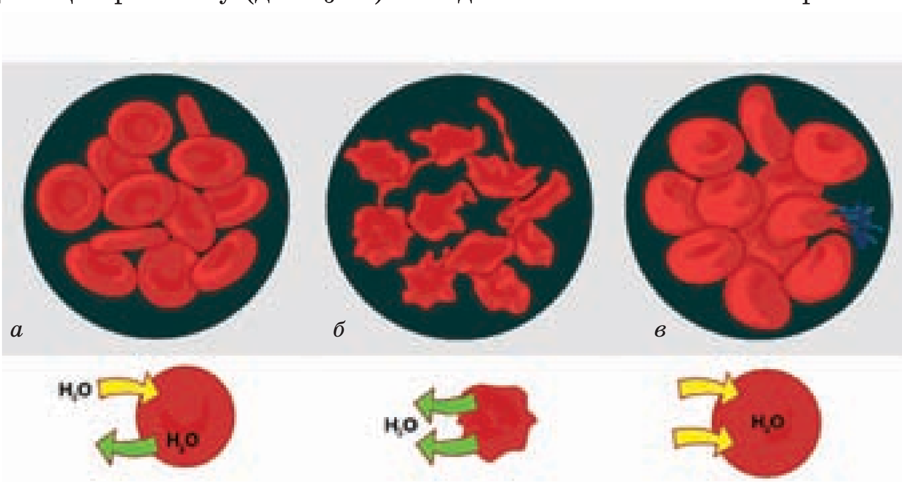
Регуляція функцій організму



У попередніх розділах підручника ви ознайомилися з роботою дихальної, травної, видільної, нервової систем організму та з будовою й функціями аналізаторних систем. Усі вони виконують певні функції із забезпечення життєдіяльності організму. Але організм — це не просто сума органів, а і їх злагоджена робота і здатність змінювати цю роботу у відповідь на зовнішні подразники. За це, як ви знаєте, відповідає нервова система. Але лише її недостатньо, щоби підтримувати життєдіяльність організму. Як саме відбувається регуляція роботи органів і які ще системи відповідальні за контроль функцій організму, ви дізнаєтеся в розділі «Регуляція функцій організму».

§ 48 Гомеостаз і регуляція функцій організму

Гомеостаз внутрішнього середовища організму. Внутрішнє середовище організму **(див. § 15)** складається з міжтканинної речовини,



Мал. 48.1. Еритроцити за нормальної концентрації солей у плазмі крові (*а*), за підвищеної (*б*) та низької (*в*) концентрації

крові й лімфи. Його хімічний склад перебуває у стані рухомої рівноваги. Що це означає?

Речовини надходять до його складових і залишають їх, а через невелику різницю між надходженням і витратою їх вміст коливається. Межі цього коливання залишаються постійними. Так, вміст глюкози в крові дорослої людини становить 70–110 мг/100 мл, білків у сироватці — 65–85 г/л, а об'єм лімфи в організмі — 1–2 л. Таку рухому рівновагу називають ***гомеостазом внутрішнього середовища***.

Гомеостаз забезпечує повноцінний обмін речовин у клітинах. Тривалі порушення гомеостазу небезпечні для життя клітин. Так, якщо вміст солей у плазмі крові надмірно збільшується, вода виходить з еритроцитів, вони втрачають пружність і зморщуються. Унаслідок зменшення вмісту солей у плазмі клітини поглинають воду й розбухають. В обох випадках клітини втрачають свої функції й можуть загинути (**мал. 48.1**).

Відхилення показників внутрішнього середовища від норми протягом певного часу може свідчити про захворювання.

Регуляція функцій організму. Життєдіяльність організму регулюють, діючи узгоджено, нервова, гуморальна та імунна системи. Кожна з них має з іншими регуляторними системами як керівні, так і підпорядковані зв'язки. Ці системи доповнюють одна одну, утворюючи єдиний механізм ***нейрогуморально-імунної регуляції***.

Головними ланками регуляції функцій органів є нервова й ендокринна системи. Нервова система, одержуючи інформацію про подразники від органів чуттів, надсилає нервові імпульси до робочих органів, щоби змінити їхню роботу. Нервова регуляція здійснюється миттєво, проте її дії короткочасні.

Гуморальну регуляцію здійснюють залози — органи ендокринної системи. Вони регулюють роботу внутрішніх органів, виділяючи в кров спеціальні речовини — ***гормони***. Синтез, виділення і транспорт гормонів забирає більше часу, аніж передача нервових імпульсів; така дія розвивається та триває довше.

Яким є механізм взаємодії цих систем?

Вищим центром регуляції роботи внутрішніх органів, який узгоджує їхню діяльність зі станом організму, є гіпоталамус (структура проміжного мозку, **див. § 33**). Він пов'язаний з гіпофізом (головною залозою внутрішньої секреції) спільною системою кровоносних судин і відростками нейронів. Разом вони утворюють ***гіпоталамо-гіпофізарну систему***.

Нейрони одних ядер гіпоталамуса чутливі до хімічного складу крові й здатні фіксувати його зміни. Друга група ядер одержує від

структур головного мозку інформацію про їхній стан. Третя група ядер (центр гомеостазу) порівнює всі ці сигнали з еталонами гомеостазу. Гіпоталамус здійснює нервову й гормональну регуляцію роботи внутрішніх органів, надсилаючи нервові імпульси до центрів стовбура і спинного мозку, а гуморальні сигнали — до гіпофіза.

Річ у тому, що певні нейрони гіпоталамуса виробляють гормони. Одні гормони через гіпофіз прямують до кров'яного русла й безпосередньо впливають на робочі органи (нирки, матку). Інші гормони гіпоталамуса, потрапивши до гіпофіза, регулюють його роботу. Гіпофіз синтезує гормони, які впливають на секрецію інших ендокринних залоз. Гормони гіпоталамуса можуть як пригнічувати діяльність гіпофіза, так і стимулювати її.

У такий спосіб гіпоталамо-гіпофізарна система тримає під контролем усі функції організму, виконуючи роль центру ***нейрогуморальної регуляції***.

Не менш важливою за нейрогуморальну регуляцію є ***імунна регуляція*** функцій організму. До порушення гомеостазу може призвести проникнення в організм чужорідного агента — ***антигену***. Безпосередню відповідь на дію антигену забезпечує імунна система. Вона розпізнає антигени й за допомогою біологічно активних речовин передає інформацію про них до нервової системи. Нервова система обробляє цей сигнал і підключає до роботи ендокринні залози. Ці залози виділяють гормони, які регулюють роботу імунної системи. Результатом спільної роботи всіх регуляторних систем є знищення чужорідного агента, наслідків його втручання і відновлення гомеостазу.

Участь імунної системи в забезпеченні гомеостазу особливо важлива на ранніх етапах розвитку людини, а також у разі пошкодження тканин. Під час розвитку ембріона виникає необхідність заміни одних тканин на інші (так, хрящова тканина замінюється кістковою під час утворення кісток). Замінюються новими й зношені або пошкоджені клітини. В обох ситуаціях організм перш за все знищує неповноцінні клітини й продукти їх розпаду. Це завдання розв'язує імунна система у взаємодії з кровоносною, дихальною й видільною системами.

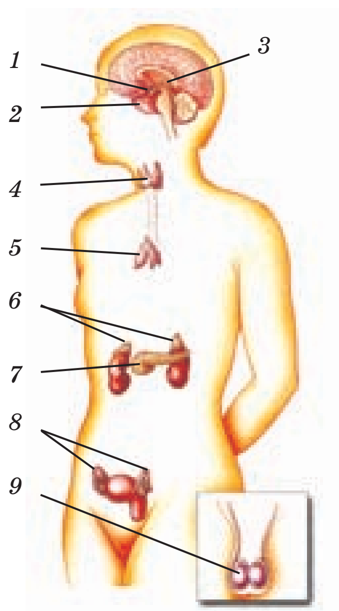
§

1. Прочитайте уважно частину тексту, де йдеться про важливість збереження гомеостазу. Обговоріть із товаришем наведений у ній приклад. Доповніть, звертаючись до тексту, речення:
«Коли вміст солей за межами еритроцитів більший, ніж усередині, вода… й еритроцити… . Коли за межами еритроцитів вміст солей менший, ніж у них, вода… й еритроцити…»

2. За текстом, де йдеться про регуляцію функцій організму, сформулюйте три запитання. Спробуйте відповісти на запитання, що склав ваш товариш.

1. Які рідини є складовими внутрішнього середовища організму? Яким є зв'язок між ними? 2. Поясніть, що таке «рухома рівновага». 3. Чому показники гомеостазу завжди наводять за допомогою формули «від… до…»? 4. Які регуляторні системи органів беруть участь у підтриманні гомеостазу? 5. Чим відрізняються нервова регуляція від гормональної? 6. Чому гіпоталамо-гіпофізарну систему називають центром нейрогуморальної регуляції? 7. Як імунна система бере участь у підтриманні гомеостазу? 8*. Що відбудеться, якщо зв'язок між гіпофізом і гіпоталамусом буде порушено? 9*. Чому імунну систему відносять до регуляторних?

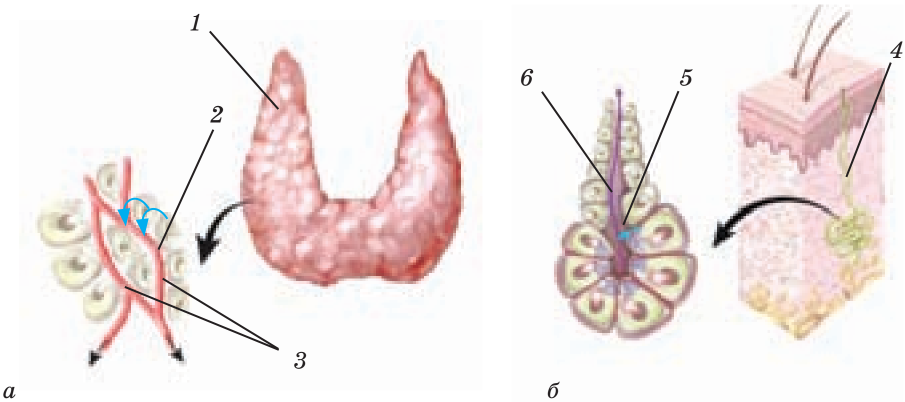
§ 49 Гуморальна регуляція. Гормони



Мал. 49.1. Розміщення ендокринних залоз в організмі людини: *1* — гіпоталамус; *2* — гіпофіз; *3* — епіфіз; *4* — щитоподібна й паращитоподібні залози; *5* — тимус; *6* — надниркові залози; *7* — підшлункова залоза; *8* — яєчники; *9* — яєчка

Ендокринні залози (мал. 49.1) і гормони. Органи, що забезпечують гуморальну регуляцію,— ***ендокринні залози***. Вони невеликі, розміщуються в різних частинах тіла й анатомічно не пов'язані між собою. Проте всі вони секретують гормони, утворюючи єдину ендокринну фізіологічну систему. Їхня інша назва — ***залози внутрішньої секреції***: секрети цих залоз надходять до внутрішнього середовища організму **(мал. 49.2)**. Це відрізняє їх від ***залоз зовнішньої секреції*** (слинних, молочних, потових тощо), секрети яких через протоки виводяться до травного тракту або назовні.

Гормони — органічні сполуки, що виконують в організмі три важливі функції. По-перше, вони забезпечують фізичний, розумовий і статевий розвиток. Так, якщо під час ембріонального розвитку виробляється недостатня кількість гормона щитоподібної залози — тироксину, у дитини розвивається



Мал. 49.2. Залози внутрішньої (*а*) і зовнішньої секреції (*б*): *1* — щитоподібна залоза; *2* — секреція гормона; *3* — кровоносні капіляри; *4* — потова залоза; *5* — секреція поту; *6* — протока потової залози

тяжке захворювання — кретинізм (страждає розумовий, фізичний і статевий розвиток).

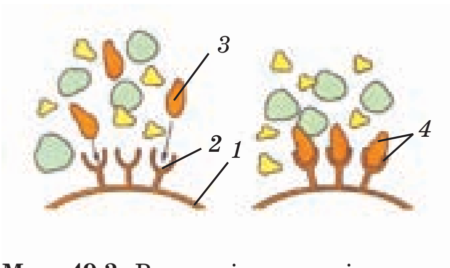
По-друге, гормони відіграють ключову роль у пристосуванні організму до різких змін зовнішнього середовища, мобілізуючи його ресурси. Так, несподіваний загрозливий звук може спричинити потрясіння — стресову реакцію. Організм прореагує на неї викидом адреналіну — гормона надниркових залоз. Ви одразу відчуєте його дію: під впливом адреналіну збільшується сила й частота серцевих скорочень і дихальних рухів, відбувається перерозподіл крові від внутрішніх органів і шкіри до м'язів і головного мозку тощо. Ці зміни, спричинені дією адреналіну, готують організм до того, щоб швидко і в найкращий спосіб відповісти на можливу небезпеку.

По-третє, гормони беруть участь у підтриманні гомеостазу. Так, за сталість концентрації Кальцію в крові відповідають паратгормон і кальцитонін.

Усім гормонам властива висока біологічна активність: вони виділяються в дуже малих дозах, але їх достатньо, щоби певним чином впливати на організм. Клітини-мішені, на які гормони діють, зазвичай віддалені від ендокринних залоз, де гормони утворюються. Гормони транспортуються до місця дії кров'ю. Зазвичай дія гормона є тривалою.

Механізми дії гормонів. Гормони регулюють діяльність органів, впливаючи на їхні клітини.

Ефект дії гормона настає після того, як його молекули зв'язуються з білком-рецептором, розташованим на поверхні або всередині клі-



Мал. 49.3. Взаємодія гормонів з рецепторами: *1* — клітинна мембрана; *2* — рецептор; *3* — молекули гормона; *4* — комплекс гормон-рецептор



1 *2* *3*

Мал. 49.4. Вплив гормона росту на розміри тіла людини: *1* — людина середнього зросту; *2* — гігантизм за підвищеної секреції гормона росту; *3* — карликовість за нестачі гормона

тини-мішені **(мал. 49.3)**. Для кожного гормона існує певний рецептор, з яким цей гормон може зв'язуватися. Контакт молекул гормона з рецепторами запускає ланцюжок біохімічних реакцій, що призводить до змін метаболізму клітини.

Є кілька способів, у які гормони можуть подіяти на клітини: вони впливають на проникність клітинних мембран для різних речовин, на швидкість реакцій у клітині, а також регулюють активність спадкового апарату клітин. Наприклад, гормон інсулін збільшує проникність для глюкози мембран м'язових волокон і клітин печінки. Він також підвищує в її клітинах швидкість утворення глікогену з глюкози. Статеві гормони й кортизол впливають на роботу спадкового апарату клітин.

Гормони можуть діяти як в одному напрямі, так і в протилежних. Наприклад, односпрямовано діють адреналін, норадреналін, тироксин. Коли ви відчуваєте, що вам холодно, секреція цих гормонів підвищується. Адреналін і норадреналін стимулюють вивільнення із жирової тканини жирів і використання їх у реакціях енергетичного обміну. Тироксин такі реакції посилює. Спільна дія цих гормонів підвищує теплопродукцію.

Протилежно діють адреналін із глюкагоном та інсулін. Адреналін і глюкагон сприяють підвищенню вмісту глюкози в крові, а інсулін — його зниженню.

В організмі існують механізми захисту від надмірної дії гормонів, що порушує рівновагу обмінних процесів. Так, секреція гормонів суворо регулюється, а їхні надлишки руйнуються в клітинах-мішенях або в печінці.

Регуляція росту й циклічних процесів в організмі. Одним з гормонів гіпофіза є гормон росту (соматотропін). Під його впливом посилюється ріст кісток у довжину і збільшується об'єм м'яких тканин. Від кількості соматотропіну у віці 5–6 років і 10–12 років залежить, яким буде зріст дорослої людини.

За підвищеної секреції цього гормона виникає гігантизм — зріст людини сягає понад 2 м, а за його нестачі — карликовість, зріст може бути меншим за 1 м (**мал. 49.4, с. 202**). Найбільшу кількість гормона росту гіпофіз виробляє під час сну, отже, для організму, що росте, необхідний повноцінний відпочинок. Ріст кісток припиняється у віці близько 20 років — після статевого дозрівання організму: вироблення гормона росту пригнічують статеві гормони.

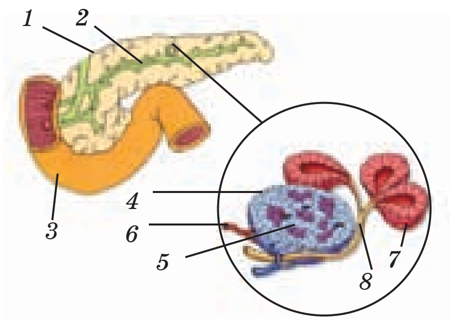
У черепній порожнині розміщується епіфіз — залоза внутрішньої секреції, яка теж пов'язана з головним мозком. Епіфіз виробляє гормон мелатонін. Його основна функція полягає в регуляції циклічних процесів в організмі, як-от станів сну-неспання.

1. У першій частині параграфа знайдіть відповіді на такі запитання: де виробляються гормони; які їхні функції; якими є їхні спільні властивості? Обговоріть, яку ще, крім наведеної, назву можна дати цій частині параграфа.
2. Звертаючись у разі потреби до тексту, розкажіть товаришу про механізм дії гормона за ключовими словами: *клітина-мішень, білок-рецептор, контакт, зміна метаболізму, регуляторна дія*.
3. Виокремте в тексті пояснення того, за яких умов відбувається гормональна регуляція вмісту глюкози в крові, які гормони діють односпрямовано, які — протилежно.

1. У чому полягає особливість будови системи ендокринної регуляції? **2.** Проілюструйте прикладами три механізми дії гормонів на організм. **3.** Поясніть, чи є помилка у твердженні: «Робота ендокринної системи — один із видів гуморальної регуляції функцій організму»? **4.** Які гормони впливають на розвиток організму дитини, підтримують гомеостаз? **5.** Розкажіть про механізми дії гормонів. **6*.** У чому полягає біологічний сенс існування в організмі гормонів-антагоністів? **7*.** Відомо, що і гормони, і вітаміни, і ферменти є біологічно активними сполуками. У чому полягає різниця між ними?

§ 50 Ендокринна система. Залози внутрішньої та змішаної секреції

Підшлункова залоза (мал. 50.1) — залоза змішаної секреції, розташована поряд із дванадцятипалою кишкою, позаду шлунка. Одні її клітини виробляють травний сік, а інші синтезують гормони — ***глюкагон*** та ***інсулін***. Глюкагон виробляють так звані альфа-клітини, а інсулін — бета-клітини. Ці гормони регулюють рівень глюкози в крові. Глюкагон сприяє розщепленню в клітинах печінки глікогену до глюкози і її виходу в кров. Так запаси глюкози стають доступними всім клітинам організму.

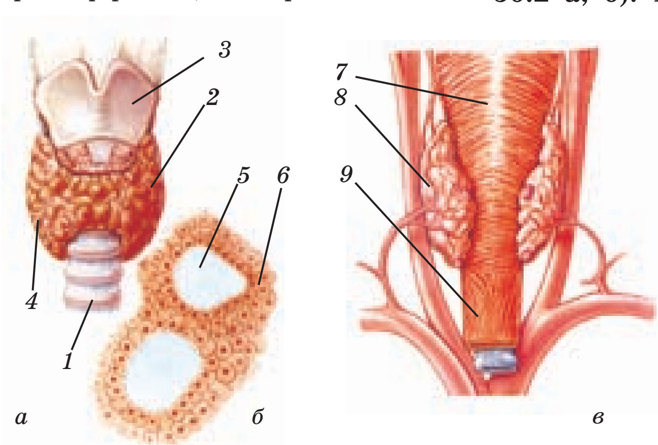


Мал. 50.1. Будова підшлункової залози: *1* — підшлункова залоза; *2* — протока підшлункової залози; *3* — тонкий кишечник; *4* — альфа-клітини; *5* — бета-клітини; *6* — кровоносна судина; *7* — клітини, що синтезують травні ферменти; *8* — протока

Інсулін стимулює утворення в клітинах печінки глікогену з глюкози. Її надходження до печінки під впливом інсуліну збільшується. Концентрація глюкози в крові зменшується, і у вигляді глікогену вона запасається в організмі. Інсулін — єдиний гормон, який знижує рівень глюкози в крові.

Інсулін також підсилює синтез жирів у жировій тканині та печінці, синтез білків у печінці, м'язах тощо.

Щитоподібна залоза розташована під щитоподібним хрящем гортані **(мал. 50.2 а, б)**. Клітини цієї залози здатні



Мал. 50.2. Щитоподібна залоза (*а*); фолікул щитоподібної залози (*б*); паращитоподібні залози (*в*): *1* — трахея; *2* — щитоподібна залоза; *3* — щитоподібний хрящ; *4* — кровоносні судини; *5* — вміст фолікула; *6* — фолікулярні клітини щитоподібної залози; *7* — глотка; *8* — паращитоподібні залози; *9* — стравохід

вилучати з крові йони Йоду, використовуючи їх для синтезу ***тиреоїдних гормонів*** — ***тироксину*** і ***трийодтироніну***. Ці гормони впливають на швидкість обміну в усіх клітинах організму.

До дії тиреоїдних гормонів організм людини найчутливіший під час ембріонального розвитку. У дорослих за нестачі цих гормонів може розвинутися ***гіпотиреоз***, а за надлишку — ***гіпертиреоз***.

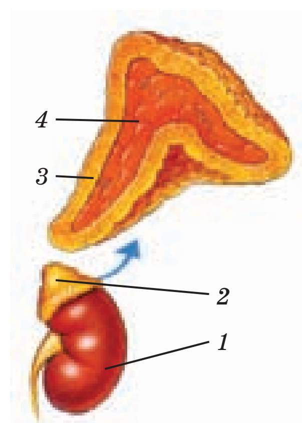
Окрім тиреоїдних гормонів, так звані С-клітини щитоподібної залози секретують гормон ***кальцитонін***.

Паращитоподібні залози розташовані на задній поверхні щитоподібної залози **(мал. 50.2 в)**. Вони виробляють лише один гормон — **паратгормон**. Його функцією, як і кальцитоніну, є регуляція рівня Кальцію в крові.

Йони Кальцію беруть участь у скороченні м'язових волокон, у нервових процесах, зсіданні крові тощо. Паратгормон стимулює вивільнення Кальцію з кісткової тканини і його надходження до крові. Він також сприяє всмоктуванню Кальцію в кишковому тракті та зменшує його виведення через нирки. Кальцитонін, навпаки, зменшує концентрацію Кальцію в крові, стимулюючи його надходження до клітин кісткової тканини.

Злагоджена робота паратгормону й кальцитоніну є дуже важливою. Зниження рівня Кальцію в крові впливає на стан нервової та м'язової систем і спричиняє періодичні судоми, спазми дихальних і глоткових м'язів, що можуть призвести до смерті. Надмірне збільшення концентрації Кальцію також небезпечне: серце реагує на це зниженням частоти скорочень; він відкладається в судинах і нирках.

Надниркові залози (мал. 50.3) — парні залози, розташовані над нирками. Вони складаються із зовнішнього (***кори***) і внутрішнього (***мозкової речовини***) шарів. Клітини кіркового шару продукують гормони кортикостероїди: ***глюкокортикоїди***, ***мінералокортикоїди*** і ***статеві кортикоїди***. Глюкокортикоїди контролюють концентрацію глюкози в крові й рівень активності імунної системи, мінералокортикоїди регулюють водно-сольовий баланс **(див. §21)**. Статеві кортикоїди — це такі самі гормони, як і ті, що виробляються статевими залозами.



Мал. 50.3. Будова надниркових залоз: *1* — нирка; *2* — надниркова залоза; *3* — кора; *4* — мозкова речовина

Гормон ***кортизол*** діє на клітини як безпосередньо, так і опосередковано, впливаючи на секрецію гормонів іншими залозами. Він активує в клітинах синтез глюкози з білків, спричинюючи

підвищення рівня глюкози в крові. А от роботу імунної системи він пригнічує, що гальмує імунні реакції. Надлишок кортизолу в організмі призводить до атрофії м'язів, ожиріння, утруднює загоєння ран. За нестачі кортизолу виникають набряки, м'язова слабкість тощо.

Клітини мозкової речовини надниркових залоз синтезують ***адреналін*** та ***норадреналін***. Ці речовини виробляють і деякі нейрони. У нервовій системі адреналін і норадреналін працюють як медіатори. У гуморальній регуляції вони виконують функцію гормонів.

Адреналін і норадреналін, впливаючи на клітини печінки, підвищують рівень глюкози в крові, сприяють розщепленню жирів у клітинах жирової тканини. Стимулюючи енергетичний обмін, вони підсилюють роботу серця та скелетних м'язів, фізичну та розумову активність людини. Тому вироблення цих гормонів збільшується під час стресу, різкого збільшення фізичного і психічного навантаження.

Статеві залози. Усі залози внутрішньої секреції в чоловіків і жінок однакові, виняток становлять лише статеві залози — ***сім'яники*** (яєчка) в чоловіків і ***яєчники*** в жінок. У них утворюються статеві клітини, а також містяться залозисті клітини, які синтезують статеві гормони.

Розрізняють два типи статевих гормонів — ***андрогени*** й ***естрогени***. У чоловіків синтезується більше андрогенів, тому їх називають чоловічими статевими гормонами. У жінок виробляється більше естрогенів, їхня назва — жіночі статеві гормони. Основним чоловічим статевим гормоном є ***тестостерон***, а основними жіночими — ***естрадіол*** і ***прогестерон***.

Зачатки статевих залоз і в чоловіків, і в жінок утворюються під час ембріонального розвитку. У чоловічому ембріоні їхній секрет впливає на формування статевих органів. Після народження секреція статевих гормонів хлопчиків різко зменшується і поновлюється лише під час статевого дозрівання. Формування жіночих статевих органів відбувається за вродженою програмою без впливу гормонів яєчників. Лише під час статевого дозрівання яєчники дівчаток починають уперше продукувати гормони.

Статеві гормони в підлітковому віці впливають на дозрівання статевих органів, утворення гамет, появу вторинних статевих ознак. У жінок гормони управляють менструальним циклом, перебігом вагітності й пологів.

1. Разом із товаришем проаналізуйте текст параграфа і мал. 50.1–50.2. Побудуйте таблицю «Функції ендокринних залоз», зазначте в ній назви залоз, гормони, які вони секретують, клітини-мішені й ефекти дії гормонів.
2. З'ясуйте, які відомості, наведені в тексті, не увійшли до таблиці.

3. Звертаючись до тексту параграфа, закінчіть речення: «*До статевих гормонів належать андрогени й естрогени. В організмі жінки синтезується більше…, а чоловіка… . Головним чоловічим статевим гормоном є…, а жіночими… і…*».

1. Поясніть значення терміна «залози змішаної секреції». **2.** Який секрет підшлункова залоза виробляє як залоза зовнішньої секреції, а який — як залоза внутрішньої секреції? **3.** Якою є дія інсуліну і глюкагону? Чому їх називають антагоністами? **4.** Які гормони виробляє щитоподібна залоза? **5.** Якою є функція паращитоподібних залоз? **6.** Назвіть гормони, які синтезуються наднирковими залозами. Якими є їхні функції? **7.** Наведіть приклади клітин, що є мішенями кортизолу, адреналіну й норадреналіну. **8.** Чим жіночі статеві гормони відрізняються від чоловічих? **9*.** Чому в разі цукрового діабету людина відчуває постійну спрагу? **10*.** Поясніть, чому в разі гіпотиреозу людина сонлива, а гіпертиреозу — навпаки, збуджена і дратівлива.

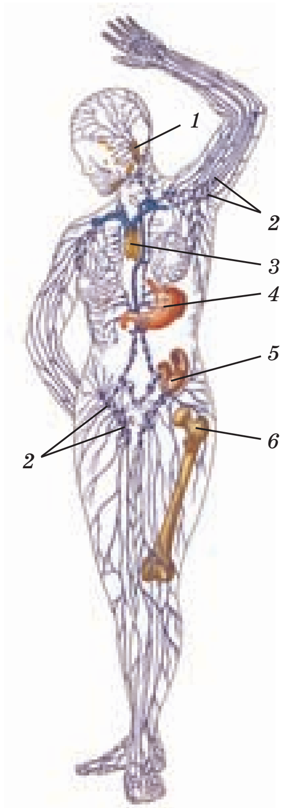
§ 51 Імунна система. Імунітет. Специфічний і неспецифічний імунітет

Імунна система. Нашому організму постійно загрожують як зовнішні вороги (шкідливі речовини, інфекції), так і внутрішні (загиблі клітини, ракові або інфіковані вірусами). Проте організм може сам себе захистити, і цю його здатність називають ***імунітетом***. Його забезпечує ***імунна система*** організму. Її складовими є ***клітини лейкоцити*** й органи, у яких вони розмножуються і спеціалізуються (дозрівають) (**мал. 51.1**). Це ***червоний кістковий мозок***, ***вилочкова залоза*** (***тимус***), ***селезінка***, ***лімфатичні вузли*** й ***лімфоїдні тканини***, розташовані в травній, дихальній, сечовидільній системах. Усі лейкоцити утворюються в кістковому мозку, а дозрівають у різних органах. Виходячи з них, лейкоцити циркулюють разом із кров'ю й лімфою.

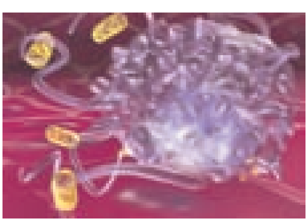
До лейкоцитів відносять кілька видів клітин різної будови (лімфоцити, моноцити, еозинофіли тощо). Лімфоцити поділяють на Т-лімфоцити (дозрівають у тимусі) і В-лімфоцити (дозрівають у кістковому мозку).

Значна кількість лейкоцитів (53–81 %) здатна до фагоцитозу. Найбільше фагоцитів розміщується в сполучних тканинах нирок, легенів, печінки, шкіри.

Неспецифічний вроджений імунітет. Шкіра і слизові оболонки — перша перешкода для проникнення чужинців. Їх руйнують секрети



Мал. 51.1. Основні органи імунної системи: *1* — мигдалики; *2* — лімфатичні вузли; *3* — тимус; *4* — селезінка; *5* — лімфоїдна тканина травного тракту; *6* — червоний кістковий мозок



Мал. 51.2. Фагоцит захоплює бактерію

потових і сальних залоз, вони видаляються зі злущуванням відмерлих клітин епітелію шкіри й рухом ворсинок слизового епітелію.

У разі проникнення «агресорів» їх знищують фагоцити **(мал. 51.2)**. Якщо чужинців забагато, кістковий мозок прискорює розмноження фагоцитів. Так діє ***клітинний імунітет***. Він пов'язаний з ***гуморальними факторами*** імунітету — певними білками крові. Одні білки прикріплюються до мембрани мікроорганізму, позначаючи для фагоцитів чужинця. Інші руйнують мембрани чужорідних клітин. Білки крові ***інтерферони*** борються з вірусами.

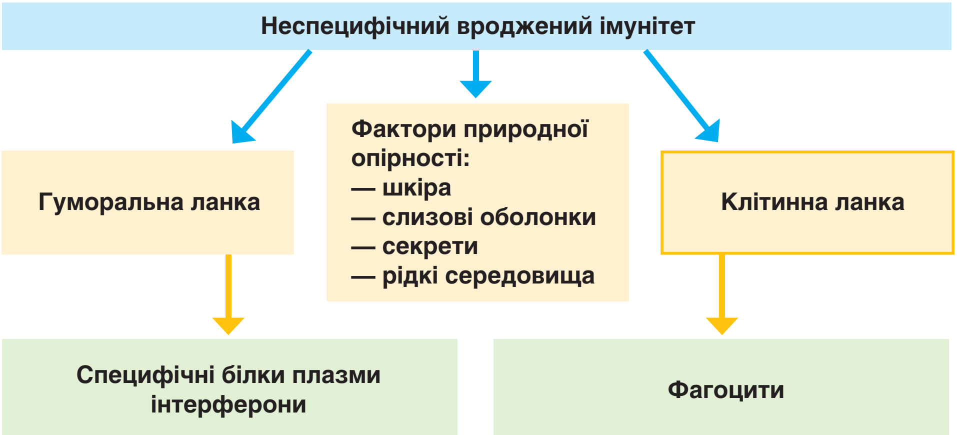
Фагоцити й гуморальні фактори імунітету на першій стадії опору впливають на всіх агресорів у ті самі способи. Ці способи захисту є успадкованими, тобто ***вродженими***, і такий імунітет називають ***неспецифічним вродженим*** **(мал. 51.3)**.

Специфічний набутий імунітет. Якщо подолати чужинців за допомогою неспецифічного імунітету не вдається, організм застосовує методи, які діють на агресорів відповідно до їхніх особливостей. У специфічному імунітеті також вирізняють гуморальну і клітинну ланки.

Гуморальними факторами в цьому разі є ***антитіла*** — білки-імуноглобуліни. Їх виробляють В-лімфоцити у відповідь на ***антигени*** — речовини, які організм сприймає як чужорідні. Зазвичай це певні білки в оболонках агресорів або токсини, які вони виробляють. В-лімфоцити реагують на кожний антиген утворенням ***антитіла***, що відповідає саме цьому антигену. Антитіла з'єднуються з антигеном та нейтралізують і антиген, і агресора.

Клітинний специфічний імунітет знищує чужинців за допомогою Т-лімфоцитів. Вони прикріплюються до мембран клітин, уражених інфекцією, і руйнують їх. Після цього фагоцити пожирають нейтралізованих агресорів і загиблі в боротьбі клітини.

Зауважимо, що лімфоцити активуються, лише розпізнавши антиген. Процес розпізнавання



Мал. 51.3. Система неспецифічного вродженого імунітету

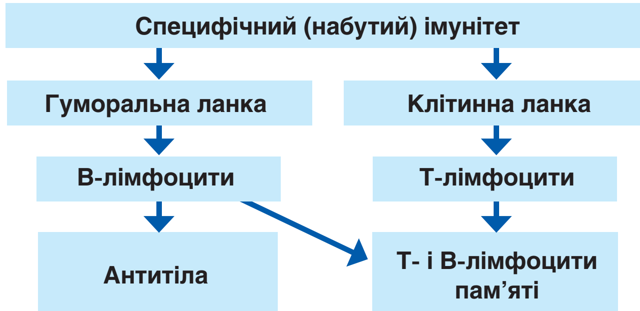
антигена, який уперше потрапив до організму, може тривати до 14 днів. Лише після розпізнання В-лімфоцити починають синтезувати антитіла до нього. Водночас в органах імунної системи формуються В-лімфоцити, які вже чутливі до цього антигена.

Одні з них приєднуються до гуморальної атаки, продукуючи антитіла з величезною швидкістю. Інші В-лімфоцити стають клітинами пам'яті. Керують імунною реакцією Т-лімфоцити, виробляючи білки-інтерлейкіни. Інтерлейкіни впливають на активність В-лімфоцитів, стимулюють або пригнічують розмноження Т-лімфоцитів і утворення Т-клітин пам'яті.

Клітини пам'яті довго (місяці, а інколи й роки) зберігають здатність реагувати на «знайомий» антиген. Вони не витрачають часу на його розпізнавання, імунна відповідь виникає одразу, й антитіл виробляється більше. Так формується ***специфічний набутий імунітет*** **(мал. 51.4).**

Імунна відповідь на першу зустріч з інфекцією зазвичай супроводжується поганим самопочуттям людини, підвищенням температури тощо. Якщо людина набула імунітету до цієї інфекції, симптоми хвороби не спостерігаються.

Штучний набутий імунітет. Є інфекції, перша зустріч з якими може стати для людини смертельною. Щоб створити проти них імунітет, роблять щеплення — уводять в організм людини ***вакцину***. Це невелика кількість убитих чи послаблених збудників хвороби або речовин, що є продуктами їхньої життєдіяльності. Таке зараження не призводить до хвороби. Проте на введення вакцини розвивається



Мал. 51.4. Система специфічного набутого імунітету

повноцінна імунна реакція: виробляються специфічні до збудника антитіла й утворюються клітини пам'яті. Так унаслідок уведення вакцин виникає штучний набутий імунітет.

Вакцинація запобігає таким небезпечним захворюванням, як дифтерія, віспа, поліомієліт, гепатит тощо.

Іноді інфікованим людям уводять ***лікувальну сироватку***, що містить уже готові антитіла. Такий набутий штучний імунітет зберігається недовго — антитіла швидко руйнуються й виводяться з організму. Сироватки застосовують для лікування правця, дифтерії тощо.

1. Розподіліть роботу з товаришем і складіть за текстом параграфа плани повідомлень про системи імунітету. Скористайтеся мал. 51.3 і 51.4. Обміняйтеся планами, оцініть їх докладність і точність.
2. Звіряючись із текстом параграфа, знайдіть помилки в наведених твердженнях:
неспецифічний імунітет здійснюється лише фагоцитами;
у відповідь на той самий антиген лейкоцити виробляють декілька антитіл;
синтезують антитіла В- і Т-лімфоцити;
фагоцити не беруть участі в специфічній імунній відповіді;
серед лейкоцитів лише фагоцити утворюють клітини пам'яті.
3. Знайдіть у тексті параграфа підтвердження або спростування такої думки: «Штучний набутий імунітет відрізняється від природного лише тим, у який спосіб збудник потрапляє до організму людини».

1. Які органи входять до складу імунної системи організму? **2.** Який імунітет називають клітинним? гуморальним? **3.** Назвіть лейкоцити, що беруть участь у специфічній імунній відповіді. **4.** Поясніть, що називають

комплексом «антиген-антитіло». **5*.** Які функції виконують клітини пам'яті? **6*.** Який імунітет називають штучним? Як пояснити таку його назву? **7.** Чим користуються лікарі в осередку інфекційного захворювання, що спалахнуло,— вакциною чи сироваткою?

§ 52 Алергія. СНІД

Алергічні реакції. Якщо під час цвітіння тополі у вас закладений ніс, сверблять і сльозяться очі, вам не з чуток знайоме слово «алергія». ***Алергією*** називають прояв підвищеної чутливості імунної системи до антигена (***алергену***). В основі алергії лежать механізми імунної реакції. У разі повторного контакту з алергеном виникає алергічне захворювання. Це призводить до ушкодження власних клітин і тканин організму. Насамперед страждають ті тканини, крізь які проникає алерген: слизова оболонка носової порожнини, бронхів і шлунково-кишкового тракту, шкіра.

Алергенами можуть бути пилок рослин, харчові продукти (шоколад, цитрусові, полуниця, мед тощо), пил, шерсть тварин, лікарські препарати тощо. Відомо понад 20 000 алергенів, кількість яких продовжує збільшуватися. Уникнути контакту з алергенами неможливо, тому кожна людина має знати, чи є в неї алергія на які-небудь речовини. У разі появи перших симптомів необхідно звернутися до лікаря.

Реакція відторгнення трансплантата, аутоімунні захворювання. Тривалий час спроби трансплантації (пересадки органів і тканин) були безуспішними. Органи донора не приживалися в реципієнта. У 1945 р. англійський біолог Пітер Медавар довів, що відторгнення пересадженого органа є результатом імунних реакцій. У всіх клітин організму людини на плазматичних мембранах є комплекс білків-маркерів. Завдяки цим міткам Т-лімфоцити відрізняють їх від клітин чужого організму. Маркери клітин донорських тканин відрізняються від маркерів реципієнта. Т-лімфоцити атакують пересаджений орган, ускладнюючи його приживлення. Щоб зменшити ризик відторгнення, застосовують речовини, які знижують активність Т-лімфоцитів.

Іноді лімфоцити починають сприймати білки-маркери власних клітин організму як чужорідні й виробляють антитіла проти них. Такі спотворені імунні реакції спричиняють тяжкі ***аутоімунні захворювання***: ревматоїдний артрит, системний червоний вовчак тощо.

Інфекційні захворювання — група хвороб, спричинюваних мікроорганізмами й вірусами. Ці хвороби передаються від зараженого

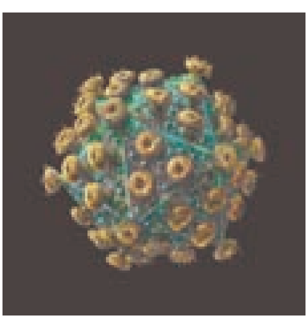
організму до здорового повітряним шляхом (кір, грип, туберкульоз), через брудні руки, харчові продукти й воду (дизентерія, сальмонельоз, ботулізм), через кров під час укусів комах (малярія, черевний тиф, кліщовий енцефаліт), під час безпосереднього контакту, потрапляючи на шкіру або слизові оболонки (короста, лишай).

Симптомами інфекційних захворювань є загальна слабкість, підвищення температури тіла, запалення окремих органів, порушення діяльності травної та нервової систем. У разі їх виникнення потрібно негайно звернутися до лікаря. Наслідки дії інфекції на людину залежать передусім від активності імунної системи. Її зміцненню сприяють загартовування, фізичні тренування, своєчасні щеплення, збалансоване харчування.

Гостра запальна реакція. Такий діагноз відомий кожному, у кого, наприклад, набрякало розбите коліно, а з рани на ньому виділявся гній. Які процеси відбуваються в цей час у місці поранення?

Клітини уражених тканин виділяють речовини, які спричиняють розширення капілярів у місці пошкодження. Прилив крові до нього збільшується, і його температура підвищується. Змінюється проникність капілярів — вода з кров'яного русла виходить у міжклітинний простір. Розвивається набряк тканини, а пошкоджене місце червоніє. Фагоцити прямують до місця ушкодження й поглинають мікроорганізми, що потрапили до рани, та залишки пошкоджених тканин. Безліч лейкоцитів, які загинули в боротьбі проти інфекції, утворюють ***гній***. Наявність гною означає, що в рані ще є чужорідні агенти. Щоб допомогти лейкоцитам, пошкоджені місця обробляють антибактеріальними препаратами.

Синдром набутого імунодефіциту (СНІД). На відміну від інших інфекційних хвороб, ***СНІД*** є «молодим» захворюванням. Уперше його зареєстрували 1983 р. СНІД спричиняє ***вірус імунодефіциту людини*** (***ВІЛ***) (**мал. 52.1**), що уражає імунну систему, руйнуючи Т-лімфоцити. Хворий на ВІЛ є беззахисним перед будь-якими інфекціями й може померти від звичайних застуд, спричинених вірусами й бактеріями. З моменту інфікування ВІЛ до появи ознак СНІДу минає 2–15 років, а за цей час хворий може заразити чимало людей.



Мал. 52.1. Вірус імунодефіциту людини

Передаватися ВІЛ здатен у кілька способів: від зараженої матері до плоду, що розвивається в ній; під час статевого контакту з ВІЛ-інфікованим; у результаті переливання крові, що містить ВІЛ;

під час використання заражених медичних інструментів. Пам'ятайте: вилікуватися від СНІДу неможливо, але можна й потрібно уникнути зараження цією страшною хворобою!

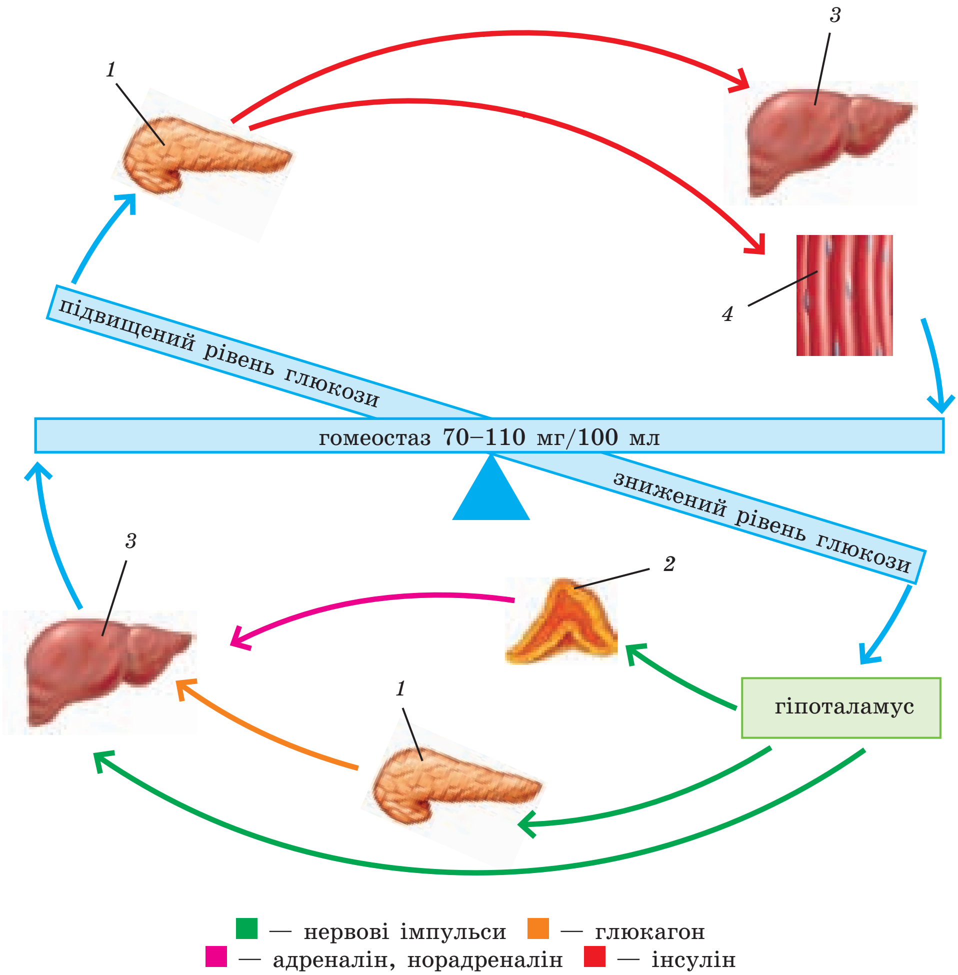
1. Знайдіть у тексті ключові слова, за допомогою яких можна розповісти про ускладнення, що виникають під час пересадки органів.
2. Проаналізуйте, як виникає гостра запальна реакція, за таким планом: а) *процеси, що призводять до розвитку набряку;* б) *участь у відповіді на інфекцію системи неспецифічного імунітету.*
3. Знайдіть у частині тексту, де йдеться про СНІД, пояснення, чому у хворого на СНІД відсутня повноцінна імунна реакція організму.

1. Які причини алергічних захворювань? **2.** Чому відторгнення трансплантата вважають імунною реакцією? **3.** Як виникають аутоімунні захворювання? **4.** Чому аутоімунні захворювання є особливо небезпечними? **5.** Яким є біологічний сенс гострої запальної реакції? **6*.** Чому під час інфекційних захворювань у людини протягом кількох днів спостерігається слабкість, підвищення температури тощо? **7*.** Від чого може померти людина, хвора на СНІД? Чи можна робити щеплення такій людині?

§ 53 Взаємозв'язок регуляторних систем організму (нервово-гуморально-імунна регуляція)

Взаємозв'язок нервової та ендокринної систем. Нормальне життя людини є ланцюгом постійних фізичних і психічних навантажень. Буває так, що ці навантаження стають завеликими, наприклад коли ви швидко біжите, намагаючись не запізнитися до школи, хвилюєтеся перед контрольною тощо. Проте ваш організм навіть у напруженому режимі, навіть під час стресу функціонує достатньо надійно. І це завдяки тому, що в ньому є кілька механізмів, які регулюють роботу тих самих фізіологічних систем і підтримують гомеостаз. Як взаємодіють регуляторні системи, керуючи змінами в організмі?

Згадаймо: працездатність організму залежить від того, яким у крові є рівень глюкози, головного джерела енергії для клітин. Якщо енерговитрати збільшуються, концентрація глюкози в крові зменшується. Щоби повернути її до належного рівня, у діяльність



Мал. 53.1. Зв'язок нервової та гуморальної регуляції рівня глюкози в крові: *1* — підшлункова залоза; *2* — надниркові залози; *3* — печінка; *4* — скелетні м'язи

органів, що постачають у кров цей енергоносій, втручаються регуляторні системи **(мал. 53.1).**

Першим нестачу глюкози в крові фіксує гіпоталамус, де міститься нервовий центр регуляції гомеостазу. Він надсилає нервові імпульси до печінки, і в ній збільшується продукція глюкози з глікогену. Одночасно сигнали надходять до надниркових і підшлункової

залоз, стимулюючи секрецію адреналіну, норадреналіну й глюкагону. Потрапивши до печінки, ці гормони також стимулюють вироблення глюкози й виведення її в кров. Унаслідок цих узгоджених дій нервової й ендокринної систем вміст глюкози в крові відновлюється.

Зауважмо, що першою в регуляторний процес включається нервова система, яка діє швидко. Проте її вплив на печінку нетривалий, тому нервова система залучає до роботи систему тривалої дії — залози внутрішньої секреції. Їхні гормони діють не лише на органи-виробники глюкози, а й на серцево-судинну й дихальну системи. Перша пришвидшує й перерозподіляє кровоплин, прискорюючи доставку глюкози до виконавчих органів, які активно працюють. Інша посилює газообмін, збільшуючи надходження кисню.

Якщо концентрація глюкози в крові перевищує норму, гіпоталамус перестає надсилати сигнали до печінки, надниркових та підшлункової залоз. Печінка зменшує вироблення глюкози з глікогену. До регуляторного процесу приєднується підшлункова залоза, збільшуючи секрецію інсуліну. Інсулін діє на клітини печінки і скелетних м’язів, і до них із крові повертається надлишок глюкози — починається її перетворення на глікоген. Отже, у зниженні рівня глюкози в крові провідну роль виконує ендокринна система.

Взаємозв’язок систем нервової й гуморальної регуляції забезпечують численні рецептори нейронів і клітин ендокринних залоз. Так, на нейронах є рецептори до гормонів надниркових залоз, до глюкози тощо.

Клітини ендокринних залоз мають рецептори до медіаторів, які виробляють нейрони. Це дає клітинам змогу обмінюватися інформацією про стан внутрішнього середовища організму.

Нейрогуморальна регуляція та імунна система. Усі ми хворіємо на інфекційні захворювання. У боротьбі з інфекцією завжди беруть участь усі регуляторні системи. Як взаємодіють вони в цьому процесі?

Відомо, що під час захворювання зазвичай підвищується температура тіла. Це означає, що до справи стала імунна система: її реакції супроводжуються виділенням великої кількості тепла. Проте організм не відповідає на підвищення температури у звичайний спосіб, тобто потінням. Чому?

Лейкоцити продукують біологічно активні речовини ***пірогени***. Надходячи до нервового центру терморегуляції в гіпоталамусі, вони сигналізують про початок опору інфекції. Гіпоталамус гальмує реакції потових залоз, що відводять тепло: висока температура внутрішнього середовища підвищує ефекти імунних реакцій і стримує розвиток мікроорганізмів.

Сигнали імунної системи впливають і на гіпоталамо-гіпофізарно-надниркову систему, яка у відповідь зменшує секрецію кортизолу. Відомо, що кортизол пригнічує активність органів імунної системи, а вони на початковій фазі боротьби з інфекцією мають продукувати якомога більше Т- і В-лімфоцитів. Щоби кортизол не гальмував їх дозрівання, його продукування на певний час значно знижується.

Коли хворобу переборено, надмірна активність імунної системи втрачає сенс. У крові зменшується кількість продуктів розпаду мікроорганізмів, комплексів антитіло-антиген. Т-лімфоцити продукують спеціальні речовини, які подають сигнал гіпоталамуса про необхідність підвищити секрецію кортизолу, щоби вберегти організм від аутоімунних захворювань.

Так завдяки обміну інформацією між імунною, нервовою та ендокринною системами регулюється діяльність організму, спрямована на його захист.

1. Поясніть, користуючись текстом параграфа і мал. 53.1, як ваш організм регулює рівень глюкози в крові під час складної контрольної роботи. Знайдіть на малюнку регуляторні органи й позначення речовин, які вони продукують. Визначте, на які робочі органи ці речовини діють. Запропонуйте товаришеві оцінити, наскільки докладним було ваше пояснення.

2. Перевірте за текстом, які з поданих тверджень є правильними.
За допомогою пірогенів імунна система передає інформацію до гіпоталамуса про початок боротьби з інфекцією. Нервові імпульси, які надсилає гіпоталамус до потових залоз, посилюють виділення поту. На стадії боротьби з інфекцією гіпоталамо-гіпофізарно-надниркова система реагує на сигнали імунної системи, зменшуючи продукування кортизолу.

1. Доведіть, звертаючись до прикладів, що робота ендокринних залоз регулюється нервовою системою. **2.** Наведіть приклади гуморального впливу на діяльність нервової системи. **3.** Чому регуляція рівня глюкози в крові не обмежується лише впливами нервової системи? **4.** Яким є зв’язок між імунною й нервовою регуляцією під час боротьби організму з інфекцією? **5.** Як імунна система впливає на роботу ендокринної системи? **6*.** Поясніть, чому за підвищення температури тіла спекотного дня ви сильно потієте, а під час хвороби потові залози майже не виділяють поту. **7*.** Чим загрожує організму розлад координації в діях гіпоталамо-гіпофізарної та імунної систем? Поясніть на прикладі.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Захворювання ендокринної системи

Порушення роботи щитоподібної залози може бути наслідком багатьох чинників: впливу радіоактивного випромінювання, нестачі Йоду у воді та їжі. У результаті захворювань щитоподібної залози кількість гормона може зменшитися (***гіпотиреоз***) або збільшитися (***гіпертиреоз***).

У разі гіпотиреозу знижується фізична й розумова активність, розвиваються набряки сполучних тканин. Намагаючись задовольнити потреби організму в тиреоїдних гормонах, тканини щитоподібної залози розростаються, виникає зоб.

Небезпечною для організму є й надмірна секреція гормонів щитоподібної залози — гіпертиреоз. У разі гіпертиреозу кількість фолікулів залози неконтрольовано збільшується, збільшується і її розмір — утворюється так званий базедичний зоб. Під час цього захворювання в людини підвищуються обмін речовин, артеріальний тиск, посилюється збудливість нервової системи, виникають дратівливість і швидка стомлюваність.

Важливо розуміти, які особливості навколишнього середовища можуть бути несприятливими для вашого здоров'я. Так, за нестачі Йоду в організмі зменшується продукування гормонів щитоподібної залози. Це часто зумовлене його недостатністю у воді, яку споживають мешканці певного регіону. В Україні йододефіцитними є західні регіони, зокрема Закарпаття, і гірська частина Криму. У них мешканці отримують бідну на Йод воду з гірських річок. Щоби запобігти гіпотиреозу, необхідно споживати їжу, що містить цей елемент (морських молюсків, рибу, морську капусту), додавати в їжу йодовану сіль. Проте надмірне споживання Йоду може призвести до небезпечних змін у щитоподібній залозі. Тому перш ніж використовувати добавки, що містять Йод, необхідно порадитися з лікарем.

Тяжкою хворобою є цукровий діабет, під час якого вміст глюкози в крові перевищує норму гомеостазу. Часто надмірний вміст глюкози спричинений зменшенням секреції інсуліну. Це відбувається, якщо клітини підшлункової залози гинуть унаслідок інфекцій, онкологічних або аутоімунних захворювань, алкоголю, паління тощо. Проте цукровий діабет може розвинутися й тоді, коли інсулін виробляється в кількості, що відповідає нормі. У цьому разі причиною хвороби є порушення функцій рецепторів до інсуліну в клітинах печінки і м'язів. В обох випадках для відновлення нормального вуглеводного обміну організм потребує додаткової кількості інсуліну. Запобігти цукровому діабету допомагає здоровий спосіб життя, повноцінне збалансоване харчування.

НАША ЛАБОРАТОРІЯ



Мал. 1. Фредерік Бантінг

Як відкрили інсулін?

Хворобу, симптомами якої є рясне сечовиділення, спрага і втрата ваги, було описано ще римськими лікарями. Тривалий час її причини були невідомі, а хворі приречені на загибель. У XVII ст. було з’ясовано, що в сечі таких хворих наявний цукор. Хворобу назвали цукровим діабетом і лікували її за допомогою дієти, що виключала солодке.

Перелом у боротьбі з цукровим діабетом настав у 1921–1922 рр., коли канадські вчені Фредерік Бантінг **(мал. 1)** і Джон Маклеод виділили з підшлункової залози корови інсулін і зважилися ввести його людині. Першим одержав інсулін 14-річний хлопчик, який потрапив до лікарні у важкому стані. Ці ін’єкції врятували йому життя. Так почалася нова ера в ендокринології. За відкриття інсуліну Ф. Бантінг і Д. Маклеод отримали Нобелівську премію. День народження Ф. Бантінга — 14 листопада — проголошено Всесвітнім днем боротьби із цукровим діабетом. Сьогодні цукровий діабет лікують здебільшого людським інсуліном, одержаним методами генної інженерії.

В Україні вперше інсулін був синтезований 1923 р. В. М. Коганом-Ясним. 1930 р. він організував у Харкові першу в Україні ендокринологічну клініку.

ПІДСУМКИ

До внутрішнього середовища організму належать кров, лімфа й міжтканинна рідина. Внутрішнє середовище організму перебуває у стані рухомої рівноваги, який називають гомеостазом.

За підтримання гомеостазу й регуляцію функцій організму відповідальні три системи: нервова, ендокринна й імунна. Усі ці системи тісно взаємозв’язані й підпорядковані одна одній. Нервова система є керівною, разом з ендокринною вона здійснює нейрогуморальну регуляцію. Центром нейрогуморальної регуляції є гіпоталамо-гіпофізарна система.

Нервова система керує роботою органів через нервові імпульси, ендокринна — через синтез та виділення в кров гормонів, а імунна система забезпечує захист від чужорідних агентів, які проникли до організму.

Гормони, які виділяють залози ендокринної системи, є органічними сполуками. Їхня робота характеризується такими особливостями: гормони діють у невеличких концентраціях; кожний гормон має певний орган-мішень, роботу якого він регулює; кожний гормон змінює роботу органа-мішені певним чином. Наприклад: органом-мішенню гормона підшлункової залози інсуліну є печінка; інсулін підвищує чутливість клітин печінки до глюкози.

Здатність захищатися від зовнішніх і внутрішніх чужорідних агентів називають імунітетом. Розрізняють такі види імунітету: вроджений і набутий; специфічний і неспецифічний; клітинний і гуморальний, зумовлений антитілами.

ПРАЦЮЄМО РАЗОМ

Вивчаючи ендокринну систему, ви ознайомилися з багатьма гормонами. Отже, настав час доповнити новою інформацією таблицю «Речовини в моєму організмі» (див. завдання 2, с. 20). Порівняйте вашу таблицю з таблицею товариша. У кого з вас вона інформативніша?

ДОСЯГНЕННЯ УКРАЇНСЬКИХ УЧЕНИХ

Мечников І. І. (1845–1916)

Видатний мікробіолог та імунолог І. І. Мечников народився на Харківщині, отримав вищу освіту в Харківському університеті. Декілька років він викладав в Одеському університеті, організував першу на теренах України (і другу в світі) бактеріологічну станцію для боротьби з інфекційними захворюваннями.

У 1887 р. Л. Пастер запросив І. І. Мечникова до свого інституту. До кінця життя учений працював в Пастерівському інституті в Парижі. Йому належить низка відкриттів світового значення — явищ внутрішньоклітинного травлення, фагоцитозу, численні праці вченого присвячені проблемам вивчення збудників холери, черевного тифу й інших інфекційних захворювань. За розробку фагоцитарної теорії імунітету І. І. Мечников разом з П. Ерліхом був нагороджений Нобелівською премією (1908).



Тема 11

Розмноження та розвиток людини

Перегляньте свої дитячі світлини у віці, коли ви були немовлям. Важко повірити, що малюк на них — це ви. Ваші зріст і вага збільшилися в декілька разів, змінилась і ваша зовнішність. У дитинстві ви навчилися ходити й розмовляти, згодом — читати й писати, а тепер ви розв'язуєте складні задачі з математики й фізики, аналізуєте історичні події тощо. Які зміни чекають на вас надалі? Які регуляторні системи контролюють ріст і розвиток людини? Яку роль у цих процесах відіграє статева система людини? Відповіді на ці запитання ви знайдете, вивчивши розділ «Розмноження та розвиток людини».

Ви також дізнаєтеся про будову чоловічої та жіночої статевих систем; про формування чоловічих і жіночих статевих клітин; про запліднення і внутрішньоутробний розвиток людини; про етапи розвитку людини; про особливості статевого дозрівання хлопців і дівчат.

§ 54 Статеві клітини. Будова й функції репродуктивної системи людини

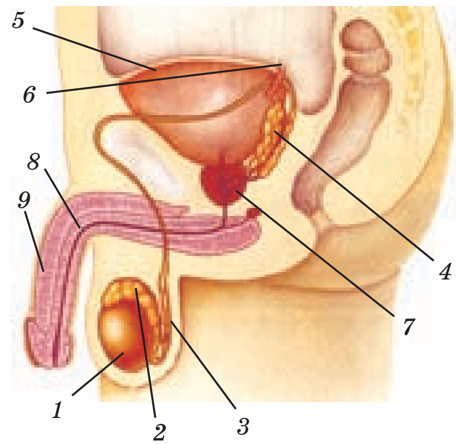
Будова й функції репродуктивної (статевої) системи людини. Статева система забезпечує процеси ***розмноження*** й ***розвитку*** людини. Усі їхні етапи координують регуляторні системи організму, насамперед гуморальна. Статеві гормони кори надниркових і статевих залоз впливають на роботу статевої системи й розвиток людини протягом усього життя.

Будова статевих систем чоловіка й жінки різна. Чоловіча призначена для формування ***сперматозоїдів*** та доставки їх в організм жінки. Жіноча статева система створює умови для дозрівання і ***запліднення*** яйцеклітин, розвитку зародка, забезпечує ***пологи***. Обидві системи складаються з внутрішніх і зовнішніх статевих органів.

Чоловіча статева система **(мал. 54.1).** Сперматозоїди формуються в парних статевих залозах — ***сім'яниках*** (яєчках). Вони розташовані в шкіряних мішечках — ***мошонці***, розміщеній поза черевною порожниною. Завдяки цьому температура в сім'яниках становить близько 34 °С, що є необхідною умовою дозрівання гамет. У пухкій

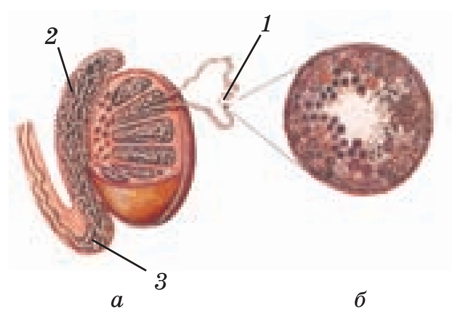
сполучній тканині сім'яників містяться клітини, що секретують статеві гормони. У сім'янику розміщується близько 1000 ***сім'яних канальців*** — тоненьких звивистих трубочок завдовжки до 50 см і діаметром близько 200 мкм **(мал. 54.2)**. Одні клітини їхніх стінок утворюють сперматозоїди, інші продукують деякі речовини сім'яної рідини. Сім'яну рідину, що містить сперматозоїди, називають ***спермою***.

Із сім'яних канальців сперма надходить до канальця ***придатка сім'яника***, де формування сперматозоїдів завершується. Кожний придаток з'єднаний ***сім'явивідною протокою*** із сечовипускальним каналом: у чоловіків статева система анатомічно сполучена з видільною. У цей канал відкриваються й протоки ***передміхурової залози*** та ***сім'яних міхурців***. Їхні секрети є складовою сперми й містять речовини, які підтримують життєздатність гамет.



Мал. 54.1. Внутрішні органи чоловічої статевої системи: *1* — сім'яник; *2* — придаток сім'яника; *3* — сім'явивідна протока; *4* — сім'яні міхурці; *5* — сечовий міхур; *6* — сечовід; *7* — передміхурова залоза; *8* — сім'явипорскувальний (сечовипускальний) канал; *9* — статевий член

Сечовипускальний канал проходить усередині ***статевого члена*** (***пеніса***). Він, як і мошонка, є зовнішнім статевим органом. Функція пеніса — виділення сечі під час сечовипускання і сперми під час статевого акту. Сечовипускальний канал оточений губчастою тканиною. Її комірки можуть наповнюватися кров'ю із судин, що підходять до неї. Тоді пеніс твердішає, збільшується в розмірах, випрямляється і стає здатним виконувати свою функцію в статевому акті. Завдяки сфінктерам сечовипускального каналу сеча й сперма одночасно до нього не потрапляють.

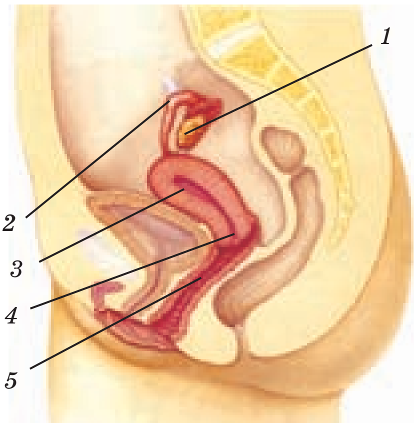


Мал. 54.2. Внутрішня будова сім'яника (*а*); сперматозоїди в порожнині сім'яного канальця (*б*): *1* — сім'яний каналець; *2* — канальці придатка сім'яника; *3* — сім'явивідна протока

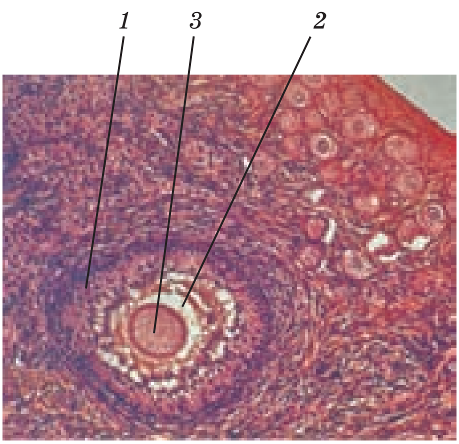
Жіноча статева система **(мал. 54.3)**. Яйцеклітини утворюються в парних статевих залозах — яєчниках. В епітелії зовнішнього шару яєчника розташовані ***фолікули*** **(мал. 54.4)**, де формуються ці гамети. Певні клітини

фолікулів продукують статеві гормони. Внутрішній шар яєчника складається зі сполучної тканини й містить кровоносні судини та нерви.

Після дозрівання в яєчниках яйцеклітини потрапляють до ***маткових труб***, які сполучені з ***маткою***. Довжина маткових труб становить близько 12 см, стінки утворені гладенькою м'язовою тканиною, вистеленою зсередини війчастим епітелієм. Коливання війок і скорочення гладеньких м'язів переміщують яйцеклітину в напрямку матки. У матковій трубі відбувається запліднення, якщо в ній одночасно опиняються яйцеклітина та сперматозоїди.



Мал. 54.3. Внутрішні органи жіночої статевої системи: *1* — яєчник; *2* — маткова труба; *3* — матка; *4* — шийка матки; *5* — піхва



Мал. 54.4. Зрілий фолікул з яйцеклітиною в яєчнику: *1* — стінка фолікула; *2* — порожнина фолікула; *3* — яйцеклітина

Матка — порожнистий грушоподібний м'язовий орган завдовжки до 7,5 см і завширшки до 5 см, розташований за сечовим міхуром.

У матці зародок розвивається до пологів. Вузький канал — ***шийка матки*** — веде з матки в ***піхву*** — м'язову трубку завдовжки 8–10 см. Зовнішні статеві органи жінки виконують захисну функцію, перешкоджаючи проникненню хвороботворних організмів у внутрішні статеві органи.

Статеві клітини. Людина — ссавець, отже, вона розмножується тільки статевим шляхом. В особин обох статей формуються ***гамети*** (статеві клітини): ***яйцеклітини*** в жінок, ***сперматозоїди*** в чоловіків.

Основним вмістом ***ядра*** будь-якої клітини є хромосоми: у них закодовані програми життєдіяльності організму. Усі його клітини, окрім статевих, мають той самий набір із 46 хромосом, що складає 23 їхні пари. Його називають ***подвійним (диплоїдним)***, а клітини, що його мають,— ***соматичними*** (грец. *сома* — тіло). А от у ядрах гамет міститься

23 хромосоми — по одній з кожної пари, тобто ***одинарний*** (***гаплоїдний***) набір хромосом.

Клітини розмножуються шляхом поділу. Перед ним кількість хромосом у клітині подвоюється: для кожної хромосоми формується її копія. Тому внаслідок поділу кожна соматична клітина отримує той самий набір хромосом, як і материнська,— подвійний.

Під час утворення статевих клітин перед поділом кількість хромосом у материнській клітині, так званій клітині-попередниці, також подвоюється. Проте далі відбуваються два послідовні поділи. Формуються не дві, а чотири клітини, і кожна містить одинарний набір хромосом. Так кожна гамета отримує половину хромосомного набору клітини-попередниці.

Серед усіх пар хромосом соматичних клітин, зокрема й клітин-попередниць, є одна, двадцять третя пара, що визначає нашу стать. У жінок ця пара містить дві однакові хромосоми, її позначають XX, а в чоловіків — X-хромосому та Y-хромосому (пара XY). Усі яйцеклітини, відповідно, мають $22 + X$ хромосоми, а сперматозоїди — $22 + X$ або $22 + Y$ хромосоми.

Унаслідок злиття ядер гамет, тобто запліднення, формується ***зигота*** — клітина, з якої починається розвиток ембріона. Його стать залежить від того, які хромосоми утворили двадцять третю пару. Якщо це дві X-хромосоми (пара XX), це буде зародок жіночої статі, якщо ж X- і Y-хромосоми (пара XY) — чоловічої.

1. На мал. 54.1 знайдіть внутрішні органи чоловічої статевої системи, функцією яких є утворення гамет, регуляція роботи статевої системи, виведення гамет з організму.

2. Звертаючись до тексту, визначте, які функції виконують яєчники, маткові труби, матка. Знайдіть ці органи на мал. 54.3.

1. У чому полягає відмінність між соматичними і статевими клітинами? **2.** Як відбувається поділ клітин-попередниць гамет? **3.** Які функції виконують яєчники, маткові труби, матка? **4.** У якому органі відбувається запліднення? **5.** Як жіноча статева система пристосована до того, щоб забезпечити розвиток зародка? **6.** Чому маткові труби вкриті війчастим епітелієм? **7*.** Статеві залози є залозами змішаної секреції. Які особливості їхньої будови про це свідчать? **8*.** Чому сім’яники винесені поза черевну порожнину?

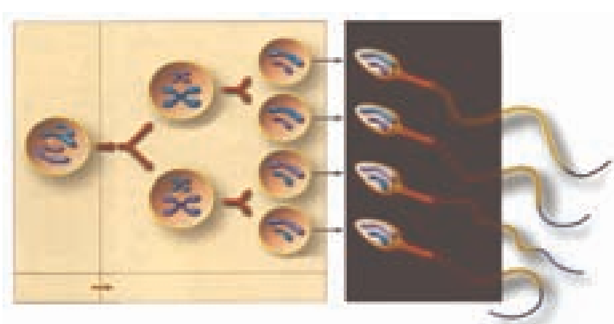
§ 55 Утворення статевих клітин. Менструальний цикл. Запліднення

Основні етапи гаметогенезу. Утворення статевих клітин — ***гаметогенез*** — починається під час ембріонального розвитку. На початку розвитку ембріона в зачатках його статевих залоз накопичуються особливі зародкові клітини — ***сперматогонії*** (у чоловічому організмі) й ***оогонії*** (у жіночому). Унаслідок їхнього поділу утворюються клітини-попередниці гамет. Ця стадія зветься ***стадією розмноження***. У період статевого дозрівання в підлітків під дією статевих гормонів починається ***стадія росту***, а слідом за нею — ***стадія дозрівання*** клітин-попередниць. На цій стадії з кожної такої диплоїдної клітини утворюються чотири гамети. Ці три стадії гаметогенезу характерні і для чоловічого, і для жіночого організму. Проте утворення сперматозоїдів (сперматогенез) і яйцеклітин (оогенез) мають суттєві відмінності.

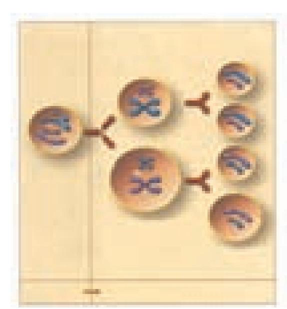
Сперматогенез. У чоловіків розмноження сперматогоніїв після народження гальмується й відновлюється в 11–13 років (**див. § 49**).

Починаючи із цього часу в сім'яниках сперматогонії постійно проходять стадії розмноження, росту й дозрівання. Так, з кожної клітини-попередниці утворюються чотири сперматозоїди (**мал. 55.1 а**). Вони потрапляють у сім'яні придатки, де набувають характерної для сперматозоїдів форми й властивостей. Термін поділу клітини-попередниці й формування сперматозоїда — близько 80 днів. Упродовж доби сім'яники продукують близько 120 млн гамет. Сперматогенез триває в чоловіків до старості.

Сперматозоїд складається з ***головки***, ***шийки*** і ***хвоста***. Це дрібна клітина завдовжки 50 мкм. На вістрі головки розміщується органела,



а



б

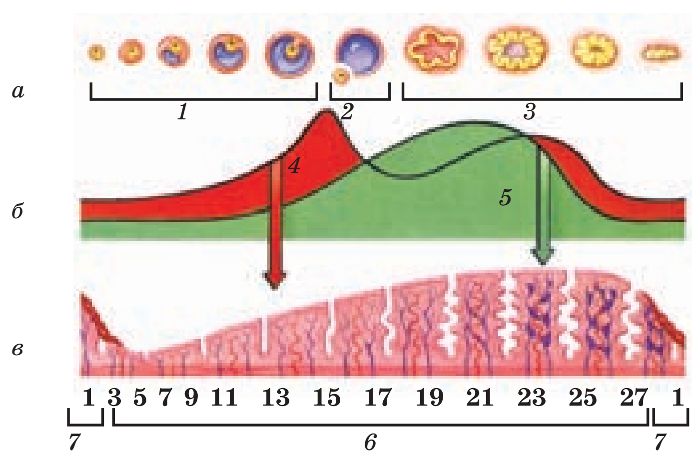
Мал. 55.1. Схема поділу клітин-попередниць статевих клітин. Утворення сперматозоїдів (*а*) і яйцеклітин (*б*)

ферменти якої здатні розчиняти оболонку яйцеклітини. У головці розташоване ядро з одинарним набором хромосом. Хвіст є органом руху гамети.

Оогенез. У яєчниках жінок розмноження оогоніїв та утворення з них клітин-попередниць яйцеклітин закінчується в ембріональному періоді. Кожна клітина-попередниця розміщується у фолікулі, вона оточена залозистими й епітеліальними клітинами, що забезпечують її розвиток. Стадія дозрівання клітин-попередниць розпочинається лише через 10–12 років після народження. У яєчниках новонародженої дівчинки налічується 300–400 тис. фолікулів, проте утворити яйцеклітину мають шанс не більше ніж 300–500 з них.

У кожному яєчнику почергово дозріває по одній клітині-попередниці. Унаслідок їхніх поділів утворюються чотири гаплоїдні клітини, але лише одна з них стає гаметою — яйцеклітиною **(мал. 55.1 б)**. Три інші менші за ту, що стане гаметою, вони незабаром гинуть. Отже, весь запас поживних речовин концентрується в яйцеклітині. За рахунок нього живуть і діляться клітини зародка в перші дні розвитку. Яйцеклітина значно більша за сперматозоїд: її діаметр досягає 0,1 мм. Оогенез триває в жінок до 45–55 років.

Менструальний цикл (мал. 55.2). Оогенез має завершуватися заплідненням й утворенням ембріона, який розвивається в матці.



Мал. 55.2. Менструальний цикл. Зміни, що відбуваються в яєчнику (*а*); зміна концентрації статевих гормонів у крові (*б*); зміни в будові стінки матки (*в*): *1* — ріст та дозрівання фолікула; *2* — вихід яйцеклітини з фолікула (овуляція); *3* — утворення і зникнення жовтого тіла; *4* — естроген; *5* — прогестерон; *6* — наростання внутрішнього шару тканин стінки матки; *7* — менструація



Мал. 55.3. Яйцеклітина в оточенні сперматозоїдів

Яйцеклітини дозрівають в яєчниках періодично, так само періодично змінюється й стан матки. Як пов'язані ці процеси?

У яєчнику під дією гормона естрогену активується фолікул, у якому починається дозрівання яйцеклітини. Зазвичай на 14-й день фолікул лопається: відбувається ***овуляція*** — вихід яйцеклітини з яєчника. На місці фолікула утворюється ***жовте тіло*** — тимчасова залоза внутрішньої секреції. Вона продукує гормон прогестерон, який гальмує дозрівання чергової яйцеклітини.

Яйцеклітина матковими трубами кілька днів прямує до матки. Якщо запліднення не відбувається, яйцеклітина, досягши матки, гине.

З початком дозрівання фолікула матка починає готуватися до зустрічі із зародком: внутрішній шар її тканин під дією естрогену нарощується. Цей процес додатково стимулює прогестерон. За відсутності запліднення нарощені маткою тканини відриваються і разом із загиблою яйцеклітиною через піхву виходять назовні.

Невелику кровотечу, яка при цьому виникає і триває 3–7 днів, називають ***менструацією***. З початком менструації в яєчнику руйнується жовте тіло, і в новому фолікулі під дією естрогену починається дозрівання чергової яйцеклітини. Після закінчення менструації тканини стінки матки знову починають нарощуватися. Період від першого дня однієї менструації до першого дня наступної називають ***менструальним циклом***, який триває 21–35 днів.

Запліднення. Заплідненню передує статевий акт, який закінчується виділенням близько 3 мл сперми. Майже 300 млн сперматозоїдів опиняються в піхві жінки й через матку піднімаються до маткових труб. Кілька тисяч із них потрапляють до труб і досягають яйцеклітини **(мал. 55.3)**.

Зазвичай яйцеклітину запліднює один сперматозоїд. Коли він руйнує оболонку яйцеклітини, вона стає непроникною для інших сперматозоїдів. Ядра гамет зливаються, утворюється зигота — клітина з подвійним набором хромосом. Одна половина цього набору одержана від яйцеклітини, інша — від сперматозоїда.

Під впливом гормонів у жінок перед менструацією дещо збільшуються молочні залози, підвищується збудливість і втомлюваність. У разі запліднення жовте тіло не руйнується, секреція прогестерону збільшується, менструації припиняються. Припиняється й дозрівання яйцеклітин у яєчниках.

1. Звертаючись до тексту, складіть загальний план повідомлення про гаметогенез. Запропонуйте товаришеві зробити його докладнішим.
2. За мал. 55.2 і текстом параграфа проаналізуйте зв'язок між дозріванням яйцеклітин і менструальним циклом. Складіть 4–5 запитань, щоб перевірити, чи розуміє цей зв'язок ваш товариш.

1. Назвіть стадії гаметогенезу. **2.** У чому відмінність між процесами оогенезу і сперматогенезу? **3.** Які особливості будови гамет людини свідчать про відмінність в їхніх функціях? **4.** Розкажіть про події в яєчниках і матці під час менструального циклу. Як гамети потрапляють у місце запліднення? **5.** Як регулюється менструальний цикл? **6*.** Сперматогенез і оогенез відрізняються за продуктивністю. У чому біологічний сенс цієї відмінності? **7*.** Чому оогенез вважають більш вразливим процесом, ніж сперматогенез?

§ 56 Вагітність. Ембріональний період розвитку людини. Плацента, її функції

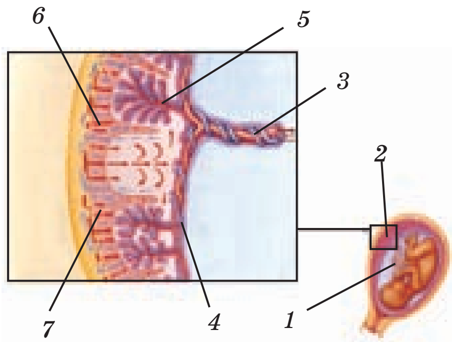
Ембріональний розвиток. ***Ембріональний розвиток*** **(мал. 56.1)** починається з утворення зиготи й закінчується народженням дитини. Він триває 40 тижнів, і за цей час з однієї клітини виростає організм, який складається з мільярдів спеціалізованих клітин.

Формування зародка починається ще в матковій трубі. У ній відбувається поділ зиготи, діляться й клітини, які утворилися внаслідок цього. Так формується багатоклітинний зародок, що складається з диплоїдних клітин. Через деякий час клітини ембріона спеціалізуються: одні з них утворюють його оболонки, які забезпечують умови



а *б* *в*

Мал. 56.1. Ембріональний розвиток людини. Зигота (*а*); 1-й тиждень (*б*); 6-й тиждень (*в*)



Мал. 56.2. Пуповина і плацента: *1* — пуповина; *2* — плацента; *3* — пупкові артерія й вена; *4* — оболонка ембріона; *5* — капіляри кровоносної системи ембріона; *6* — капіляри тканин стінки матки; *7* — тканини стінки матки

існування зародка, інші формують тканини й органи нового організму.

Протягом 6–9 днів зародок рухається до матки. У цей час він росте й розвивається, використовуючи запас поживних речовин яйцеклітини. У матці відбувається ***імплантація*** — проникнення ембріона у внутрішній шар її тканин, до якого він прикріплюється виростами своєї зовнішньої оболонки. Після цього ембріон починає отримувати поживні речовини з організму матері.

На четвертому тижні розвитку в ембріона, довжина якого становить близько 2 мм, вже є серце, кровоносні судини, зачатки органів чуттів, нервової системи тощо.

Клітини внутрішньої оболонки продукують ***навколоплідну рідину***. Вона створює середовище, у якому ембріон може рухатися, оберігає його від трясіння, стискання. Оболонки ембріона й навколоплідна рідина утворюють ***навколоплідний міхур***. Зародок росте, збільшується й навколоплідний міхур, що поступово заповнює матку, яка й сама росте й розтягується.

Оболонки ембріона разом із тканинами матки в місці імплантації формують ***плаценту*** — орган обміну речовинами між кровоносними системами ембріона й матері **(мал. 56.2)**. Капіляри ембріона проростають у вирости його зовнішньої оболонки. Вирости проникають у тканини матки, руйнують її капіляри й формують численні заглиблення. Вони заповнюються материнською кров'ю, яка оточує капіляри ембріона. Через їхні стінки в плаценті відбувається обмін речовинами між кров'ю матері та кров'ю ембріона.

Закладання майже всіх органів зародка закінчується на восьмому тижні, він може рухатися й набуває форми тіла людини. Із цього часу зародок називають плодом. Далі зміни його організму пов'язані з ростом органів і вдосконаленням їхніх функцій.

Вагітність. ***Вагітність*** — це стан організму жінки, який настає після запліднення яйцеклітини і триває протягом усього періоду ембріонального розвитку дитини, тобто близько 9 місяців. Під час вагітності утворюється унікальна ***система дитина-мати***, завданням якої є забезпечення росту й розвитку ембріона. Провідна роль у цій

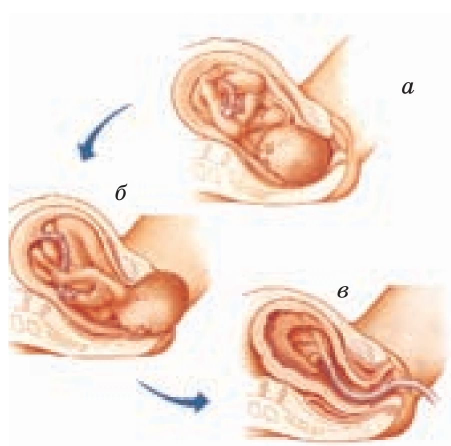
системі належить організму матері: він постачає плоду речовини, необхідні для життя, отримуючи від нього кінцеві продукти метаболізму.

Щоб обмін речовинами між матір'ю й ембріоном у плаценті був повноцінним, в організмі матері відбувається перерозподіл крові. У материнській складовій плаценти проростають додаткові капіляри, якими протікає майже 10 % крові матері. У ній підвищується кількість еритроцитів, які мають забезпечити потребу ембріона в кисні. Матка, збільшуючись, діє на діафрагму й утруднює глибокий вдих, тому дихання жінки частішає. Нирки матері обслуговують два організми, тому кількість нефронів, що працюють одночасно, збільшується; їхня діяльність стає більш напруженою. Імунна система підвищує вироблення факторів імунітету, щоб захистити дитину. Збільшуються молочні залози, готуючись до вигодовування дитини молоком після народження.

Змінюється й робота ендокринної системи. Статеві залози зменшують вироблення естрогенів, блокуючи дозрівання фолікулів. Жовте тіло продовжує секрецію прогестерона: як наслідок, певний час нарощуються тканини в матці, а менструації припиняються. Стають активнішими паращитоподібні залози, оскільки формування скелета ембріона потребує Кальцію, який постачає йому організм матері.

Пологи. Як народжується дитина? Вагітність жінки закінчується із завершенням ембріонального розвитку плода. Відбуваються пологи **(мал. 56.3)**, дитина залишає організм матері й розпочинає життя в новому середовищі. Пологи починаються внаслідок впливу гормона гіпофіза окситоцину на гладенькі м'язи стінки матки, що спричинює їх скорочення. Пологам передує вихід слизової пробки, яка закривала шийку матки під час вагітності. Шийка розкривається: її діаметр збільшується до 10 см. Стінки навколоплідного міхура розриваються, і навколоплідні води витікають через піхву назовні.

Скорочення стінок матки посилюються, і плід просувається до шийки матки, а потім у піхву. Зазвичай плід виштовхується голівкою вперед. Протягом кількох хвилин після народження



Мал. 56.3. Етапи народження дитини (*а*, *б*); відділення плаценти (*в*)

дитина залишається зв'язаною пуповиною з організмом матері. Після того як припиняється пульсація судин пуповини, її перерізають. Одразу після народження дитина робить свої перші вдих і видих — починає працювати її дихальна система. Саме під час першого видиху й лунає крик новонародженого.

За 10–15 хвилин після виходу плода матка знову різко скорочується, і плацента із залишками пуповини відокремлюється від стінки матки й виходить з організму жінки. На цьому пологи завершуються.

1. Знайдіть у тексті аргументи, які доводять, що в забезпеченні умов розвитку зародка беруть участь і структури організму матері, і структури організму ембріона. Дізнайтеся, що з'ясував ваш товариш.
2. Обговоріть, на які запитання можна знайти відповіді в частині тексту «Вагітність». Складіть чотири такі запитання.
3. Виокремте в тексті опис послідовності подій, що відбуваються під час пологів. Занотуйте їх за допомогою ключових слів: *гіпофіз — гормон окситоцин — ...* .

1. З яких етапів складається ембріональний розвиток? **2.** Скільки часу триває вагітність? **3.** Які зміни відбуваються під час вагітності в організмі жінки? **4.** Яким є біологічний сенс рекомендацій щодо поведінки вагітної жінки? **5.** Як регулюються процеси, що відбуваються в організмі жінки під час пологів? **6*.** Чи є правильним твердження: «Ембріон отримує кисень і поживні речовини з кров'ю матері»? Відповідь аргументуйте. **7*.** Чому з початком вагітності в жінки припиняються менструації?



Мал. 57.1. Перші кроки завжди складні

§ 57 Постембріональний розвиток людини

Дитинство. У новонародженого сформовані всі системи органів, проте рівень їхнього розвитку недостатній для самостійного задоволення потреб організму. Вдосконалення систем органів потребує часу, протягом якого всі умови, необхідні для життя дитини, створює дорослий.

На першому році життя в малюка насамперед розвиваються скелетні м'язи і вдосконалюються нервові зв'язки, які забезпечують їхню роботу. За перші півроку дитина навчається сидіти, до безумовних рефлексів (смоктально-

го, хапального, ковтального, орієнтувального) приєднуються прості умовні рефлекси, формуються довільні рухи. У 9–12 місяців малюк починає ходити **(мал. 57.1)**, а у два роки робить це впевнено. За цей час у нього збільшуються м'язова маса, сила м'язів.

Новонароджений може харчуватися лише материнським молоком, оскільки в його травній системі відсутні ферменти, необхідні для перетравлення іншої їжі. Вони синтезуються пізніше, і раціон дитини протягом 1,5–2 років змінюється. Починаючи із 6 місяців у дитини з'являються молочні зуби, і вона поступово переходить на «дорослу» їжу. Усі 20 молочних зубів виростають до 2,5 року, а в 6 років починається їх заміна на постійні.

У дошкільний і початковий шкільний періоди триває інтенсивний фізичний і розумовий розвиток дитини. Дитина одержує багато інформації про навколишній світ, учиться аналізувати, узагальнювати, багато фантазує, копіює форми поведінки дорослих.

Підлітковий вік. Це час статевого дозрівання, що пов'язане з активацією статевих залоз. Зазвичай у дівчаток цей процес починається в 10–12 років і триває до 15–16 років, у хлопчиків — з 11–13 до 16–18 років.

У сім'яниках хлопчиків підсилюється вироблення гормонів андрогенів, одним з яких є тестостерон, починається продукування сперматозоїдів. Виникають полюції — мимовільне виділення сперми. Зазвичай воно відбувається під час сну і свідчить про нормальний розвиток організму підлітка. Формуються вторинні статеві ознаки: фігура хлопчиків набуває характерних обрисів — широкі плечі й вузький таз, починають рости борода й вуса. Змінюється розташування хрящів гортані — з'являється виступ (кадик). Відбувається мутація голосу: голосові зв'язки подовжуються, голос стає нижчим.

Яєчники дівчаток починають виробляти естрогени, стартує дозрівання яйцеклітин, з'являються і стають періодичними менструації. Виявляються вторинні статеві ознаки: тіло набуває округлих форм, ширшими стають тазові кістки, збільшуються розміри молочних залоз.

Зовнішнім проявом статевого дозрівання в обох статей є ріст волосся під пахвами й на лобку, поява вугрів. Це прикре для підлітків явище є нормальним наслідком впливу статевих гормонів на сальні залози. Вони в цей час



Мал. 57.2. Зрілість — час створення родини

виробляють дуже в'язкий секрет, і тому швидко закупорюються, утворюючи вугри.

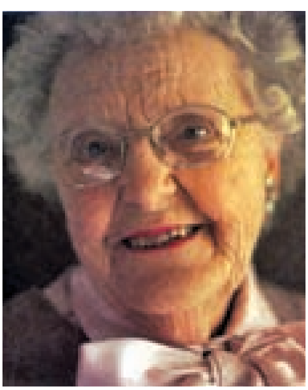
Швидко ростуть кістки й скелетні м'язи: зріст підлітків збільшується на 7–8 см за рік.

Зрілість. Період статевого дозрівання закінчується, коли репродуктивна функція організму сформована. Щоби потомство було здоровим, і в чоловіків, і в жінок має розвинутися не лише статева, але й усі інші системи органів. У людини дозрівання всіх систем органів закінчується у 21–23 роки.

Важливою є й спроможність молодих людей забезпечити умови, за яких їхня дитина може повноцінно рости й розвиватися. Вони створюються також у 21–23 роки — у цей час людина здобуває освіту, оволодіває професією, починає самостійно себе забезпечувати. Саме цей час вважають початком періоду життя, який називають ***зрілістю***.

Якою є основна фізіологічна ознака періоду зрілості? Пригадаймо: на етапах життя, коли відбувається становлення систем органів, їхні функціональні показники з плином часу змінюються. З настанням зрілості фізичні характеристики організму (зріст, маса) і показники гомеостазу (артеріальний тиск, частота серцевих скорочень, склад крові, частота дихання тощо) досягають певних значень, які залишаються майже незмінними протягом десятиріч.

У період зрілості працездатність людини максимальна, вона реалізує себе в обраній професії. Тому саме зрілість і фізіологічно, і соціально, і психологічно є часом, коли людина створює сім'ю **(мал. 57.2)**, забезпечує повноцінний розвиток своїх дітей.



Мал. 57.3. Зміни зовнішності, характерні для літнього віку

Літній вік, старість. Це період життя, під час якого починається процес старіння. Літній вік переходить у старість.

У цей час погіршується діяльність серцево-судинної та імунної систем. Серцеві м'язові волокна частково заміщуються сполучною тканиною. Пружність і просвіт судин зменшується, артеріальний тиск підвищується, погіршується й кровообіг. Старіння зачіпає нервову систему: знижується її чутливість, і реакції вповільнюються. Виникають порушення зору, слуху. Послаблюється функціонування статевої системи, у жінок зникають менструації. Зміни в сполучній тканині призводять до появи зморщок, в'ялості, сухості шкіри. Волосся втрачає пігмент, унаслідок чого сивіє **(мал. 57.3)**.

На темпи старіння впливають і зовнішні фактори: харчування, стреси, захворювання, розвиненість соціальної та медичної сфери в країні, де живе людина. Проте й сама людина може гальмувати процес старіння, зберігаючи рівень соціальної й трудової активності. Тривалість життя людини має певні межі, зумовлені спадково.

1. Складіть докладний план параграфа. Спочатку випишіть назви його частин, а потім за допомогою ключових слів позначте, яка інформація міститься в кожній з них.
2. Обміняйтеся з товаришем планами, які ви склали. Оцініть, чи зможете ви скористатися його планом, щоб детально розповісти про особливості розвитку в дитинстві та в підлітковий період.
3. За текстом параграфа доповніть речення.
На етапі старіння процеси… переважають над процесами… . Механізмом старіння на клітинному рівні є…, а на рівні організму — … . Темпи старіння залежать від… .

1. Які фізіологічні зміни відбуваються в організмі дитини від народження до трьох років? **2.** Назвіть чоловічі та жіночі вторинні статеві ознаки. **3.** Як впливають статеві гормони на організм хлопчиків і дівчаток під час статевого дозрівання? **4.** У чому полягають відмінності періоду зрілості людини від інших періодів онтогенезу? **5.** Які зміни в клітинах відбуваються у людини в період старості? **6*.** Дайте кілька порад, які б допомогли вашим ровесникам запобігти конфліктам з дорослими, що виникають у підлітків унаслідок нестійкості психіки. **7*.** Поясніть докладно причину появи численних зморщок на шкірі літньої людини.

ЛЮДИНА ТА ЇЇ ЗДОРОВ'Я

Репродуктивне здоров'я

Венеричні захворювання і хвороби органів статевої системи, інфекційні хвороби, що передаються здебільшого статевим шляхом, тобто під час статевого акту, називають ***венеричними захворюваннями***. Найпоширенішими серед них є трихомоніаз, гонорея, сифіліс. Статевим шляхом передається також СНІД. Венеричні хвороби завдають шкоди не лише органам статевої системи. Наприклад, під час сифілісу найперше уражаються шкіра та кістки. Проти венеричних захворювань не формується імунітет, і за повторного зараження людина хворіє знову. Ці хвороби дуже небезпечні й потребують своєчасного лікування. Зараження сифілісом загрожує й здоров'ю

інфікованого, і здоров'ю тих, хто має з ним статеві контакти. Діти, народжені від хворих батьків, сильно відстають у фізичному та розумовому розвитку. Зазвичай батьки передають своїм нащадкам і збудників хвороби. Основним способом запобігання венеричним захворюванням є уникнення випадкових статевих контактів.

Небезпечними є й невенеричні захворювання, які виникають унаслідок проникнення мікроорганізмів до статевих органів крізь їхні слизові оболонки або з осередків інфекцій в інших системах органів (насамперед сечовидільній). Переходячи в хронічну форму, запалення маткових труб і яєчників у жінок та передміхурової залози в чоловіків загрожують безпліддям.

Штучне запліднення

Ви, напевно, чули про народження дітей «з пробірки». Зрозуміло, що ніхто дітей у пробірках не вирощує. До штучного запліднення звертаються тоді, коли природним шляхом цей процес реалізувати неможливо. Один із методів штучного запліднення — це ***екстракорпоральне запліднення***.

Жінці вводять гормони, які стимулюють вироблення яєчниками яйцеклітин. Потім кілька зрілих яйцеклітин видаляють з організму та поміщають у середовище, аналогічне до того, що існує в маткових трубах. У чоловіка забирають сперму й виділяють з неї сперматозоїди. Їх додають у середовище, де розміщуються яйцеклітини. Там і відбувається запліднення. Утворені зиготи декілька разів діляться, і з кожної формується багатоклітинний зародок. Усі ці процеси відбуваються в пробірці протягом двох діб. Потім ембріони (зазвичай два або три) спеціальним шприцом через піхву й шийку матки вводять у матку. За два тижні проводять тест на вагітність. Зазвичай імплантується і продовжує розвиватися лише один із внесених ембріонів.

НАША ЛАБОРАТОРІЯ

Клонування

Термін ***клонування*** походить від грецького слова ***клон***, яке означає «пагін», «живець». Типовим клонуванням є вегетативне розмноження рослин, у результаті якого утворюються клони — організми з тим самим набором спадкової інформації, що й у батьківського організму.

У більшості хребетних тварин і в людини також новий організм може розвинутися лише із зиготи. Спадковий апарат зиготи складається з хромосом, отриманих від обох батьків. І в ядрі зиготи, і в ядрах усіх соматичних клітин організму, що з неї розвинулися,

хромосомний набір той самий. Проте, на відміну від зиготи, із цих спеціалізованих клітин за звичайних умов новий організм не утворюється. Щоби «виростити» клона, необхідно змусити ядро соматичної клітини працювати так, як працює ядро зиготи.

Експерименти з клонування тварин розпочалися в 50-х роках XX ст., а в середині 90-х англійському вченому Яну Уїлмуту вперше вдалося клонувати ссавця. Із заплідненої яйцеклітини вівці Уїлмут витяг ядро й замінив його на ядро клітини молочної залози іншої вівці. Пересадку ядра проводили в «пробірці», у ній відбувався і поділ зиготи, після чого ембріон помістили в матку. Із цього ембріона й розвинулася відома на весь світ овечка Доллі, що була клоном вівці, ядро клітини якої використали в досліді.

Чи можливе клонування людини? Теоретично — так. Проте вчені вважають, що одержати повноцінний людський організм за допомогою клонування сьогодні технічно неможливо.

ПІДСУМКИ

Репродуктивна система людини призначена для забезпечення розмноження. Статеві системи й гамети чоловіка та жінки різняться за своєю будовою.

Кожен людський організм розвивається із зиготи, яка утворилася внаслідок запліднення — злиття яйцеклітини і сперматозоїда.

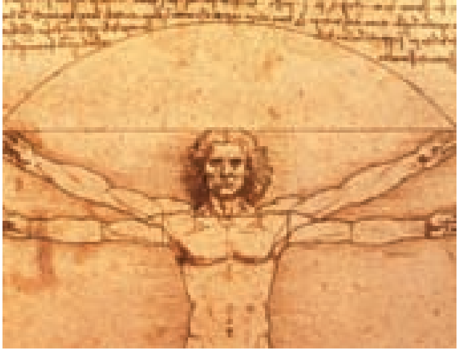
Розвиток ембріона відбувається в матці. Потреби зародка в поживних речовинах забезпечуються завдяки особливому органу — плаценті, який формується за участю оболонок ембріона і тканин матки.

Розвиток плоду завершується народженням дитини. Постембріональний розвиток людини поділяють на дитинство, підлітковий вік, зрілість і літній вік.

Усі процеси визрівання статевих клітин, розвитку ембріона, вагітності й пологів регулюються статевими гормонами, які виробляються в сім'яниках та яєчниках. Плацента також виконує роль ендокринної залози.

ПРАЦЮЄМО РАЗОМ

Обговоріть із товаришами, які запитання виникли у вас після вивчення розділу «Розмноження та розвиток людини». Поповніть ними свій «Банк запитань до біологів і медиків». Проведіть зустріч із лікарем і психологом, розпитайте їх про те, що вас цікавить.



Узагальнення

§ 58 Цілісність організму людини. Поведінка, гомеостаз і взаємодія регуляторних систем

Цілісність організму є його важливою системною властивістю, що дає йому змогу адекватно реагувати на зовнішні та внутрішні впливи. Вона відображається в механізмах, завдяки яким його регуляторні системи налагоджують дії робочих фізіологічних систем.

Життєдіяльність організму регулюють, діючи узгоджено, нервова, гуморальна та імунна системи. Кожна з них має з іншими регуляторними системами як керівні, так і підпорядковані зв'язки. Ці системи доповнюють одна одну, утворюючи єдиний механізм нейрогуморально-імунної регуляції. Проте їхня злагоджена робота була б неможливою, якби кровоносна система не виконувала роль тієї ланки, що забезпечує саму можливість взаємозв'язку регуляторних систем.

Нейрогуморальні взаємодії. Будь-яка складна дія організму у відповідь на зовнішній подразник — перемогу в шкільній олімпіаді або зустріч із незнайомим собакою у дворі — розпочинається з регуляторних впливів ЦНС. У формування такої реакції робить свій внесок кожна з її структур.

Збудження ретикулярної формації приводить усі структури ЦНС у стан готовності до дій. Активація лімбічної системи пробуджує певну емоцію — здивування, радість, тривогу або страх — залежно від того, як оцінюється подразник. Робота центрів кори великих півкуль забезпечує нас програмами розумових і рухових дій. Мотонейрони передають команди рухових центрів м'язам, які виконують їх, здійснюючи рухи.

У той самий час активізується гіпоталамус і гіпоталамо-гіпофізарна система. Під їхнім впливом вегетативна нервова система змінює режим роботи внутрішніх органів.

Мозкова речовина надниркових залоз і щитоподібна залоза підвищують секрецію гормонів. Вони надходять у кров і з нею — до печінки, де посилюється вироблення глюкози. Кров збагачується глюкозою і транспортує її до всіх клітин, що активно працюють. Завдяки

цьому зростає рівень енергетичного обміну в клітинах. Відбувається мобілізація внутрішніх ресурсів організму, необхідних для того, щоб ефективно прореагувати на подразник, який діє на організм.

Отже, цілісну відповідь організму забезпечує взаємодія систем нервової і гуморальної регуляції. Розпочинає регуляторний процес нервова система, а через гіпоталамо-гіпофізарну систему до неї приєднується ендокринна. Кров відіграє в цих процесах інтегруючу роль.

Проте в разі дії внутрішнього подразника діяльність нервової системи може підпорядковуватися гуморальним впливам. У цьому разі інформація про зміни в стані організму за допомогою гуморальних чинників через кров передається структурам нервової системи. Вона, у свою чергу, стимулює реакції, спрямовані на відновлення гомеостазу.

Кожний з вас відчував голод і знає, як діє людина, коли хоче їсти. Як виникає відчуття голоду? Центри голоду і насищання розміщуються в гіпоталамусі. За зниження концентрації глюкози й підвищення рівня інсуліну нейрони, чутливі до їх вмісту в крові, активуються, і ми відчуваємо, що зголодніли. Інформація від гіпоталамуса надходить до кори великих півкуль. За її участю формується харчова поведінка, і ми швиденько біжимо до холодильника або здобуваємо їжу в інший спосіб.

Відчуття насищання виникає, коли рівень глюкози й жирних кислот у крові підвищується, а вміст інсуліну знижується. Усі ці сигнали активують центр насищання гіпоталамуса, харчова мотивація зникає — і харчова поведінка гальмується.

Статева поведінка — ще один приклад взаємозв'язку регуляторних систем. З початком статевого дозрівання в організмі збільшується вироблення статевих гормонів **(див. § 50)**. Досягаючи разом з кров'ю структур нервової системи, ці гормони впливають на них. У гіпоталамусі розташовані центри, нейрони яких мають рецептори до статевого гормона тестостерону. Унаслідок дії тестостерону і в жінок, і в чоловіків виникає статевий потяг — одна з найважливіших мотивацій людини, без якої реалізація репродуктивної функції неможлива. Статеві рефлекси є вродженими, проте статева поведінка формується внаслідок засвоєння моделей поведінки, прийнятих у суспільстві. Фізіологічною основою цього процесу є складні зв'язки лімбічної системи зі структурами кори великих півкуль.

Нейроімунна взаємодія. Імунна система, знищуючи чужорідні агенти і пошкоджені клітини самого організму, тим самим сприяє збереженню гомеостазу. Між імунною і нервовою системою, що координує роботу всіх фізіологічних систем, спрямовану на підтрим-

ку гомеостазу, є взаємозв'язок. Один зі способів їхньої координації вам уже відомий (**див. § 53**). Проте існують й інші види їх взаємодій.

У лімфоцитів, які дозрівають в органах імунної системи, є рецептори до медіаторів вегетативної нервової системи. Отже, ці клітини здатні сприймати сигнали, які надходять з нервових центрів, і реагувати на них. Гіпоталамус через кров одержує тривожні гуморальні сигнали — антиген проник в організм. Він активізує вегетативну нервову систему. Парасимпатичні нейрони, збуджуючись, викидають медіатор ацетилхолін, який прискорює дозрівання В-лімфоцитів. Як тільки стан внутрішнього середовища повертається до норми, активізуються симпатичні нейрони. По них до лімфоїдних тканин проходять імпульси, і викидається медіатор норадреналін. Під його впливом збільшується кількість тих Т-лімфоцитів, що стримують активність В-лімфоцитів. Отже, симпатична нервова система здатна пригнічувати імунну реакцію, а парасимпатична — стимулювати її.

1. Прочитайте уважно наведені в тексті приклади. Обговоріть з товаришем, у яких з них нервова система відіграє керівну роль, а в яких — підпорядковується гуморальним впливам.
2. Випишіть з тексту ключові слова, за допомогою яких можна розповісти про нейрогуморальну регуляцію. Наприклад:
   гуморальні чинники (глюкоза, інсулін) — центр голоду — харчова мотивація — нервова регуляція (програми харчової поведінки) — смачний обід.
3. З'ясуйте, як інформація про зв'язок нервової й імунної регуляції, про яку йдеться в цьому параграфі, доповнює ту, з якою ви ознайомилися раніше (див. § 53).

1. Яку роль відіграє кров у забезпеченні цілісності організму? **2.** Як взаємодіють нервова й ендокринна системи під час відповіді організму на зовнішній подразник? **3.** Проаналізуйте процес регуляції харчової поведінки людини. **4.** Яким є взаємозв'язок між нервовою системою і системою гуморальної регуляції в процесі формування статевої поведінки? **5.** Розкажіть про участь ВНС у регуляції імунної відповіді організму. **6.** Яку роль відіграють парасимпатична і симпатична системи у виникненні і зникненні відчуття голоду?

ПРАКТИКУМ

Лабораторне дослідження № 1

Ознайомлення з препаратами тканин людини

Обладнання й матеріали: *мікроскоп, постійні мікропрепарати багатошарового плоского зроговілого епітелію людини, вогкої сполучної тканини, скелетної м'язової тканини, мультиполярних нервових клітин спинного мозку, навчальні таблиці, підручник.*

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи. **2.** При малому збільшенні мікроскопа розгляньте мікропрепарати багатошарового плоского зроговілого епітелію людини, вогкої сполучної тканини, скелетної м'язової тканини, мультиполярних нервових клітин людини. **3.** Порівняйте побачене з відповідними малюнками в підручнику та на навчальних таблицях. **4.** Знайдіть на мікропрепаратах тканин їхні клітини та міжклітинну речовину. **5.** Зверніть увагу на особливості будови різних типів тканин. **6.** Оформте роботу у вигляді таблиці.

Назва і схематичний малюнок тканини	Особливості будови	Функція	Розташування в організмі

7. Зробіть висновок про зв'язок будови та функцій тканин, укажіть ознаки подібності та відмінності в будові тканин.

Лабораторне дослідження № 2

Дослідження зовнішньої будови зубів

Обладнання й матеріали: *муляж щелепи людини, навчальні таблиці, підручник.*

Хід роботи

1. Розгляньте зуби на муляжі щелепи. **2.** З'ясуйте, яку частину зубів видно, а яка перебуває в комірці щелепової кістки. **3.** Розгляньте різні типи зубів: різці, ікла і кутні зуби. **4.** Полічіть зуби різних типів, опишіть їхню будову і запишіть зубну формулу. **5.** Зробіть малюнок зуба і підпишіть його частини. **6.** Зробіть висновок, про що ви дізналися і чого навчилися, виконуючи дослідження.

Лабораторне дослідження № 3

Вимірювання частоти серцевих скорочень

Обладнання й матеріали: *секундомір, навчальні таблиці.*

Хід роботи

1. Використовуючи навчальні таблиці і відповідний матеріал підручника, визначте в себе на тілі місця, де промацується пульс (над променевою кісткою біля кисті, на шиї в ділянці сонної артерії). **2.** Полічіть кількість ударів пульсу за 1 хв в будь-яких двох місцях. **3.** Порівняйте одержані результати. **4.** Зробіть висновок, про що ви дізналися і чого навчилися.

Лабораторна робота

Мікроскопічна будова крові людини

Обладнання й матеріали: *мікроскоп, постійні мікропрепарати крові людини, навчальні таблиці.*

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи. **2.** При малому збільшенні мікроскопа розгляньте мікропрепарат крові людини. **3.** Порівняйте побачене з відповідним малюнком підручника та навчальної таблиці. **4.** Знайдіть на мікропрепараті формені елементи крові. **5.** Зверніть увагу на кількість, колір, розмір та форму клітин. **6.** При великому збільшенні мікроскопа розгляньте та порівняйте будову еритроцитів і лейкоцитів. **7.** Зверніть увагу на наявність у лейкоцитах ядра та відсутність цієї органели в клітинах еритроцитів. **8.** Зробіть висновок, зазначивши, яким є склад крові людини.

Лабораторне дослідження № 4

Мікроскопічна будова кісткової, хрящової та м'язової тканин

Обладнання й матеріали: *мікроскопи, постійні мікропрепарати кісткової, хрящової та м'язової тканин, навчальні таблиці мікроскопічної будови тканин, підручник.*

Хід роботи

1. Підготуйте мікроскоп до роботи. **2.** Розгляньте під мікроскопом постійні мікропрепарати кісткової, хрящової та м'язової тканин спочатку при малому, а потім при великому збільшенні мікроскопа. **3.** Зіставте побачене з відповідними малюнками в підручнику. **4.** Знайдіть на мікропрепаратах тканин їхні клітини та міжклітинну речовину. **5.** Зверніть увагу на особливості будови різних типів тканин. **6.** Оформте роботу у вигляді таблиці.

Назва і схематичний малюнок тканини	Особливості будови	Функція	Розташування в організмі

7. Зробіть висновок про зв'язок будови та функцій тканин, укажіть ознаки подібності та відмінності в будові тканин.

Лабораторне дослідження № 5

Утома при статичному і динамічному навантаженні. Вплив ритму і навантаження на розвиток утоми

Обладнання й матеріали: *секундомір, гантелі різної маси.*

Хід роботи

1. Проведіть досліди. У кожному досліді за допомогою секундоміра встановіть, через який час ваші м'язи починають утомлюватися: а) відведіть руку з гантеллю вперед або вбік і якомога довше утримуйте її в цьому положенні; б) згинайте руку з гантеллю в ліктьовому суглобі до настання втоми; в) повторіть ті самі вправи, узявши до рук гантелі більшої маси; г) повторіть вправи, пришвидшивши темп. Пам'ятайте, що перед кожним дослідом треба відпочивати. **2.** Порівняйте дані секундоміра в кожному досліді. **3.** З'ясуйте, у яких випадках м'язи стомлювалися швидше. **4.** Порівняйте свої результати з тими, що отримав ваш товариш. **5.** Зробіть висновки про вплив статичного й динамічного режиму роботи м'язів, ритму рухів і сили навантаження на розвиток утоми м'язів.

Лабораторне дослідження № 6

Вивчення будови спинного та головного мозку

Обладнання й матеріали: *мікроскоп, розбірні моделі головного мозку людини, муляжі, пластинчасті препарати головного і спинного мозку, навчальні таблиці, підручник.*

Хід роботи

1. Розгляньте моделі й муляжі головного мозку. **2.** Порівняйте побачене з відповідними малюнками в підручнику та на навчальних таблицях. **3.** Знайдіть на моделях і муляжах відділи головного мозку, праву й ліву півкулі, центральну та бічну борозни, звивини. **4.** Під мікроскопом розгляньте пластинчасті препарати спинного мозку. **5.** Зверніть увагу на розміщення сірої та білої речовини в різних відділах головного і спинного мозку. **6.** Знайдіть на моделях та препаратах місця, від яких відходять черепно-мозкові й спинномозкові нерви. **7.** Зробіть висновок: визначте, з яких відділів складається головний і спинний мозок людини, якими є особливості їхньої будови.

Лабораторне дослідження № 7

Визначення акомодації ока

Обладнання й матеріали: *аркуш паперу з отвором та цифрами навколо нього.*

Хід роботи

1. Розташуйте аркуш паперу із цифрами на відстані 10–15 см від очей. **2.** Через отвір у папері розгляньте будь-який об'єкт на відстані 2–3 м. **3.** Зверніть увагу, якими при цьому здаються цифри, написані на папері навколо отвору.

4. Тепер погляньте на цифри й зверніть увагу на те, яким є об’єкт, який ви розглядали перед цим. **5.** Зробіть висновок про значення явища акомодації ока.

Лабораторне дослідження № 8

Виявлення сліпої плями на сітківці ока

Обладнання й матеріали: *картка для виявлення сліпої плями.*

Хід роботи



1. Лівою рукою прикрийте ліве око, а правою рукою утримуйте картку з малюнком на відстані приблизно 15 см від очей. **2.** Дивіться правим оком тільки на хрестик, зображений на картці, і повільно то наближайте її до себе, то віддаляйте доти, доки не зникне один із трьох кружечків. **3.** Повторіть дослід для лівого ока. **4.** Поясніть, на яку частину сітківки потрапляє зображення хрестика та кружечків у кожному з дослідів. **5.** Зробіть висновок про будову сітківки ока; зазначте, чому під час потрапляння зображення предмета на сітківку його образ виникає не завжди.

Лабораторне дослідження № 9

Вимірювання порога слухової чутливості

Обладнання й матеріали: *механічний годинник, сантиметрова лінійка.*

Хід роботи

1. Накресліть у зошиті таблицю:

Вухо	Номер вимірювання	Відстань до годинника	Середній показник чутливості, см
Праве	1		
	2		
	3		
Ліве	1		
	2		
	3		

2. Запропонуйте товаришеві взяти механічний годинник та стати від вас із лівого боку на таку відстань, щоб ви не чули звуку годинника. **3.** Заплющте очі, нехай товариш повільно наближає годинник до вашого лівого вуха, аж поки ви не почуєте звуки. **4.** Виміряйте відстань від лівого вуха до годинника. **5.** Занесіть результати вимірювання до таблиці. **6.** Повторіть дослід у повній тиші тричі

для кожного вуха. **7.** Визначте для кожного вуха середній показник чутливості. **8.** Порівняйте з товаришем отримані вами результати. **9.** Зробіть висновок про індивідуальні відмінності слухової чутливості, зазначивши, які показники порога слухової чутливості для вас характерні.

Лабораторне дослідження № 10

Визначення реакції зіниць на світло

Обладнання й матеріали: *чорний аркуш паперу з отвором, дзеркало.*

Хід роботи

1. Розмістіть перед собою дзеркало. **2.** Візьміть чорний папір з отвором, заплющте ліве око та подивіться правим оком через отвір у папері у вікно. **3.** Перед дзеркалом розплющте ліве око. Зверніть увагу на реакцію зіниці правого ока. **4.** Знову закрийте рукою ліве око та спостерігайте за реакцією зіниці правого ока. **5.** Поясніть побачене, зробіть висновок щодо реакції зіниць на світло.

Лабораторне дослідження № 11

Дослідження різних видів пам'яті

Обладнання й матеріали: *чотири набори з десяти слів кожний, набір із чотирьох речень, загальна кількість слів у якому дорівнює 10.*

Хід роботи

I. Проведіть кілька дослідів, що мають на меті визначення обсягу різних видів вашої пам'яті (слухової, зорової, рухової) під час довільного запам'ятовування.

1. Прослухайте 10 слів, які зачитує вчитель, і запишіть з пам'яті у довільному порядку всі слова, які ви запам'ятали. **2.** Мовчки прочитайте запропонований вам список слів, закрийте їх аркушем паперу і запишіть усе, що запам'ятали. **3.** Поки вчитель зачитує вам нову групу слів, спробуйте «записувати» їх пальцем у повітрі, а потім запишіть у зошиті слова, які ви запам'ятали. **4.** Підрахуйте кількість правильно відтворених слів у кожному завданні. Визначте, пам'ять якого виду у вас розвинена краще.

II. Дослідіть відмінності між механічним і змістовим запам'ятовуванням.

1. Прочитайте чотири речення, які запропонував вам учитель, потім закрийте їх аркушем паперу і з пам'яті запишіть. **2.** Підрахуйте, скільки слів із загальної їх кількості у цих реченнях ви змогли відтворити. **3.** Порівняйте обсяг вашої пам'яті під час механічного і змістового запам'ятовування. **4.** Зробіть висновок щодо ефективності різних видів довільного запам'ятовування.

Практична робота № 1

Самоспостереження за співвідношенням маси й зросту тіла

Обладнання й матеріали: *ваги, ростомір або сантиметрова стрічка.*

Хід роботи

1. Складіть таблицю «Мої зріст і маса тіла» за показниками: зріст (см), маса тіла (кг). **2.** Визначте свій зріст (босоніж, торкаючись ростоміра п'ятками, лопатками та сідницями). **3.** Виміряйте масу свого тіла. **4.** Розрахуйте свій зростомасовий індекс (ЗМІ) за формулою: а) зріст, см – 100 (для зросту 155–164 см), б) зріст, см – 110 (для зросту 165–185 см). **5.** Порівняйте отриманий показник ЗМІ з вашою власною масою. **6.** Зробіть висновок щодо того, чи є співвідношення ваших маси і зросту оптимальним.

Практична робота № 2

Дія ферментів слини на крохмаль

Обладнання й матеріали: *три пробірки, термометр, лійка, лабораторні піпетки, склянка з льодом, рідкий крохмальний клейстер, дистильована вода, розчин йоду, водяна баня, секундомір, маркер.*

Хід роботи

1. Накресліть у зошиті таблицю:

Номер пробірки	Вміст пробірки	Температура	Результат реакції з йодом
1	Крохмаль, слина	37 °C	
2	Крохмаль, слина	2 °C	
3	Крохмаль, вода	37 °C	

2. Пронумеруйте маркером три пробірки й налийте в кожну по 3 мл крохмального клейстеру. **3.** Зберіть слину в чисту пробірку з лійкою. **4.** Опустіть пробірку 2 у склянку з льодом. **5.** Додайте у пробірки 1 і 2 по 1 мл слини, а в пробірку 3 — 1 мл води. Увімкніть секундомір. **6.** Пробірку 2 залиште у склянці з льодом, пробірки 1 і 3 тримайте на водяній бані при температурі 37 °C (якщо бані немає, можна пробірки затиснути в долонях). **7.** Через 5–7 хв визначте температуру суміші в кожній пробірці. Запишіть результати в таблицю. **8.** Через 15–20 хв до кожної пробірки додайте по 1–2 краплі розчину йоду (за наявності крохмалю вміст пробірки забарвиться в синій колір). **9.** Занесіть результати спостережень до таблиці. **10.** Зробіть висновок про вплив ферментів слини на крохмаль та умови, за яких відбувається ця реакція.

Практична робота № 3

Самоспостереження за частотою серцевих скорочень упродовж доби, тижня

Обладнання й матеріали: *секундомір, навчальні таблиці.*

Хід роботи

1. За навчальними таблицями і підручником визначте на тілі два місця, де зручно вимірювати пульс. **2.** Протягом 1 хв вимірюйте пульс у цих місцях. **3.** Повторіть вимірювання протягом доби, тижня, фіксуючи результат у таблиці. **4.** Зробіть висновок.

Практична робота № 4

Дослідження температурної адаптації рецепторів шкіри

Обладнання й матеріали: *водяний термометр, секундомір, 3 посудини з водою різної температури (10, 25 і 40 °C), серветки для витирання рук і термометра.*

Хід роботи

1. Праву руку помістіть у посудину з водою з температурою 10 °C, ліву — 40 °C. **2.** Визначте час адаптації терморецепторів, тобто час, за який відчуття тепла та холоду слабне. **3.** Одночасно перенесіть руки до посудини з водою з температурою 25 °C. **4.** Оцініть зміни відчуття в лівій і правій руці. **5.** Результати роботи оформте у вигляді таблиці.

Об’єкт	Відчуття під час занурення рук у воду з температурою		
	10 °C	25 °C	40 °C
Права рука			
Ліва рука			

6. Укажіть час адаптації температурних рецепторів до холоду і тепла. **7.** Зробіть висновок.

Практична робота № 5

Визначення типу вищої нервової діяльності та властивостей темпераменту

Обладнання й матеріали: *опитувальник для самооцінки темпераменту.*

Хід роботи

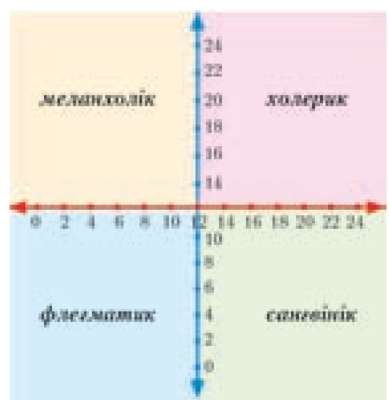
1. Дайте відповіді «так» або «ні» на запитання, оцінюючи, чи є властивими вам наведені характеристика і судження.

1	Вам подобаються нові враження	7	У вас мало близьких друзів
2	Ви прагнете підбадьорення друзів	8	Ви безтурботна людина
3	Ви часто почуваєтеся нещасним	9	На парі ви зважитеся на багато
4	Ви впевнені у своїх намірах	10	Вам складно знайомитися
5	Читання краще за спілкування	11	Ви дієте під впливом настрою
6	У вас часто змінюється настрій	12	Ви часто почуваєтеся незручно

13	Ви обмірковуєте все неспішно
14	Ви легко ображаєтеся
15	Ви критично ставитеся до себе
16	Ви іноді енергійні, іноді — мляві
17	Ви можете діяти не роздумуючи
18	Ви часто мрієте
19	Ви відповідаєте на крик криком
20	Ви часто відчуваєте провину
21	Ви часто веселитеся з друзями
22	Ви часто гарячкуєте
23	Вас вважають веселою людиною
24	Ви не любите галасливі вечірки
25	Ви зазвичай мовчазні в компанії
26	Ви іноді не спите через різні думки
27	Читання важливіше за спілкування
28	Ви часто буваєте непосидючі
29	Ви виконуєте роботу ретельно
30	Ви часто втомлюєтеся

31	Ви не любите жартувати з людей
32	Ви часто нервуєте
33	Вам подобається діяти швидко
34	Ви схильні до неприємних думок
35	Ви рухаєтеся неквапливо
36	Ви іноді бачите страшні сни
37	Вам подобається бувати в гостях
38	У вас іноді сильно болить голова
39	Ви нудьгуєте без друзів
40	Ви нервова людина
41	Ви завжди впевнені в собі
42	Ви ображаєтеся на критику
43	Вам подобаються компанії
44	Ви часто сумніваєтеся в собі
45	Розвеселити нудну компанію легко
46	Ви турбуєтеся про своє здоров’я
47	Жартувати з інших — це добре
48	Вам часто складно заснути

2. 1 бал — відповідь «так» на запитання 1, 7, 8, 9, 11, 19, 21, 23, 33, 41, 43, 45, 47 і відповідь «ні» на запитання 5, 13, 17, 24, 25, 26, 27, 29, 31, 35, 37, 39. Суму балів позначте на червоній осі «залежності поведінки від інших». **3.** 1 бал — відповідь «так» на запитання 2, 3, 4, 6, 10, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 22, 28, 30, 32, 34, 36, 38, 40, 42, 44, 46, **48.** Суму балів позначте на синій осі «ступінь емоційної збуджуваності». **4.** Визначте своє місце на «площині координат».



ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

Н

О

П

Р

С

Т

ЗМІСТ

Тема 5 Виділення. Терморегуляція

Тема 6 Опора та рух

Тема 7 Нервова система

Тема 8 Зв'язок організму людини із зовнішнім середовищем. Сенсорні системи

Тема 9 Вища нервова діяльність

Тема 10 Регуляція функцій організму

Тема 11 Розмноження та розвиток людини

Узагальнення